

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра інженерної екології

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.

“ “ _____ 2019 р.

Дипломний проект

На здобуття ступеня бакалавра

Зі спеціальності (спеціалізації) 6.040106 Екологія та охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

На тему: Отримання біогазу з органічних відходів

Виконала: студентка 4 курсу, групи ОЗ-52

Педаш Ксенія Олександрівна _____

Керівник ст. викл., к.т.н., Жукова Н.І. _____

Консультант з економіки асист., к.т.н. Репін М.В. _____

Консультант з охорони праці доц., к.т.н. Козлов С.С. _____

Рецензент проф., д.т.н. Зуєвська Н.В. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ОЗ-52.2403.68.19	Пояснювальна записка	100	

				ДП ОЗ-52.2403.68.19		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Педаш К.О.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Жукова Н.І.				2	119
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. <u>Інженерної</u> <u>екології</u> Гр. <u>ОЗ-52</u>	
Н/контр.	Репін М.В.					
Зав.каф.	Ткачук К.К.					

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Отримання біогазу з органічних відходів

Київ — 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра Інженерної екології

Рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 6.040106 Екологія та охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.

“ “ _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Педаш Ксенії Олександрівні

1. Тема проекту (роботи) : Отримання біогазу з органічних відходів керівник проекту старший викладач, к.т.н Жукова Наталія Іванівна, затверджені наказом по університету від « 22 » травня 2019 р. № 1329-с.
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 13.04.2019.
3. Вихідні дані до проекту (роботи): повздовжній розріз вертикальної газозбірної свердловини, конструкція водокільцевого вакуум-насоса, результати досліджень рівня забруднення води та ґрунту, результати прогнозованого стану забруднення атмосферного повітря, ферментатор корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно виконати): розглянути потенційні об'єкти, які можуть слугувати джерелом для виробництва біогазу; розглянути вплив цих об'єктів на навколишнє середовище; розглянути математичну модель процесу фільтрації забруднюючих речовин до ґрунту; запропонувати можливий технологічний процес виробництва біогазу з

органічних відходів; оцінити потенційну кількість та якість отриманого біогазу та перспективи його використання.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресленні, плакатів тощо) : загальні відомості про дипломний проект, результати досліджень впливу полігону ТПВ на навколишнє середовище, схеми обладнання для отримання та видобутку біогазу.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Еколого-економічна ефективність запропонованих заходів.	Доц., д.т.н. Тверда О.Я.		
Охорона праці	Доц., к.т.н. Козлов С.С.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Підготовка 1 розділу	13.04.19.—20.04.19	Виконано
2.	Літературний огляд інформації	21.04.19—27.04.19	Виконано
3.	Розгляд існуючої системи збору біогазу на полігоні ТПВ	28.04.19 – 10.05.19	Виконано
4.	Вибір та обґрунтування обраного обладнання для отримання біогазу з органічних відходів	12.05.19.—14.05.19	Виконано
5.	Порівняння якості отриманого біогазу за допомогою існуючого і пропонованого обладнання	16.05.19.—25.05.19	Виконано
6.	Розрахунок еколого-економічного ефекту	28.05.19.—04.06.19.	Виконано
7.	Визначення вимог охорони праці	28.05.19.—05.06.19.	Виконано
8.	Підготовка графічного матеріалу	06.06.19.—12.06.19.	Виконано

Студент _____ Педаш К.О.

Керівник проекту _____ Жукова Н.І

РЕФЕРАТ

Обсяг дипломного проекту 119 сторінок. Кількість ілюстрацій -10 ,кількість таблиць - 18 ,кількість джерел - 35 згідно з переліком посилань.

Тема: Отримання біогазу з органічних відходів.

Об'єкт дослідження: процес отримання біогазу з органічних відходів на полігонах ТПВ.

Предмет дослідження: методики і шляхи отримання біогазу з органічних відходів на полігонах твердих побутових відходів.

Мета роботи: розглянути шляхи отримання біогазу з органічних відходів.

В дипломному проекті розглянуто процес газоутворення на полігоні ТПВ, обладнання для збору біогазу на вищезазначеному полігоні; розглянуто вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище.

В проекті розглянуто процес фільтрації забруднення в ґрунтове середовище і математичну модель даного процесу.

В проекті розраховано еколого-економічні показники полігону ТПВ, розраховано екологічний податок за розміщення відходів у спеціально відведених для цього місцях, суму збору за викиди в атмосферне повітря, визначено еколого-економічний ефект природоохоронних заходів, запропоновано використання нового обладнання і розраховано термін його окупності.

В проекті розглянуто охорону праці, екологічну, санітарну та пожежну безпеку на полігонах ТПВ.

Ключові слова: біогаз, полігон твердих побутових відходів, ферментатор, вертикальна газозбірна свердловина, процес фільтрації забруднення в ґрунт

					03-52.2403.68.19								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Педаш			Реферат				Лім.	Лист	Листів		
Перевір.		Жукова Н.І.											
Реценз.		Знівська Н.В.							КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ				
Н. Контр.		Репін М.В.											
Затверд.		Ткачук К.К.											

ABSTRACT

The volume of the diploma project is 119 pages. Number of illustrations -10, number of tables - 18, number of sources - 35 according to the list of references.

Subject: Recovery of biogas from organic waste.

The object of research: the process of obtaining biogas from organic waste at landfills. Subject of research: methods and ways of obtaining biogas from organic waste at landfills solid household waste. Purpose: to consider ways to get biogas from organic waste

The graduation project examines the process of gas formation at the landfill site, equipment for biogas collection at the above-mentioned landfill; the influence of solid waste landfill on the environment is considered.

The project considers the process of filtration of pollution in the soil environment and the mathematical model of this process.

The project calculates the ecological and economic parameters of the landfill site, calculates the environmental tax for the placement of waste in specially designated areas for this, the amount of emission charge for atmospheric air, the ecological and economic effect of environmental protection measures has been determined, the use of new equipment has been proposed and the payback period has been calculated.

The project considers occupational safety, ecological, sanitary and fire safety at landfills.

Key words: biogas, solid household waste landfill, fermenter, vertical gas well blast, soil filtration process

					03-52.2403.68.19						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Педаш				Реферат				Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Жукова Н.І.										
Реценз.	Звєвська Н.В.								КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		
Н. Контр.	Репін М.В.										
Затверд.	Ткачук К.К.										

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП	11
1 БІОГАЗ. СКЛАД І ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ.....	12
1.1 Утворення і виділення біогазу	12
1.2 Складності використання біогазу полігонів ТПВ	18
1.3 Система збору біогазу на полігонах ТПВ	19
1.4 Полігон ТПВ як місце утворення біогазу	27
1.4.1 Характеристика сміттового полігону як джерела отримання біогазу	27
1.4.2 Географічне положення і кліматичні особливості місця розташування полігону ТПВ №5	28
1.5 Вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище	31
1.5.1 Забруднення атмосферного повітря	31
1.5.2 Забруднення води	34
1.5.3 Забруднення ґрунту	43
1.5.4 Вплив на рослинний і тваринний світ	46
Висновки до розділу 1	46
2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕННЯ В ҐРУНТ	47
2.1 Об'єкт моделювання	48
2.2 Дослідження середовища	48
2.3 Наслідки забруднення токсичною речовиною	50
2.4 Процес, що моделюється, і математична модель даного процесу	51
2.5 Аналіз моделі	51

					03-52.2403.68.19		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Педаш						
Перевір.	Жукова Н.І.						
Реценз.	Звєвська Н.В.						
Н. Контр.	Репін М.В.						
Затверд.	Ткачук К.К.				КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		

Висновки до розділу 2	57
3 БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ ТА КНР	58
3.1 Біогазові технології як вирішення проблеми енергозалежності	58
3.2 Розвиток біогазових технологій в КНР	59
3.3 Установки для виробництва біогазу	60
Висновки до розділу 3	63
4 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ	64
4.1 Розрахунок показників полігону ТПВ	77
4.2 Розрахунок екологічного податку	79
4.3 Порядок обчислення збору за викиди стаціонарними джерелами забруднення	79
4.4 Визначення еколого-економічного ефекту	82
4.5 Економічні результати впровадження системи збору та утилізації біогазу	86
Висновки до розділу 4	87
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	88
5.1 Охорона та засоби зв'язку	88
5.2 Охорона праці, екологічна, санітарна і пожежна безпека на полігонах ТПВ	89
Висновки до розділу 5	99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	101
ДОДАТОК А	104
ДОДАТОК Б	105

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БОЕ — бляшкоутворюючі одиниці.

БГКП— бактерії групи кишкової палички.

БПК (БСК) — біологічне споживання кисню.

ВДЕ — відновлювані джерела енергії.

ГДК — гранично допустима концентрація.

ГДК_{м.р.}— гранично допустима концентрація максимально разова.

ДСТУ— Державні стандарти України.

Екз. – екземплярів.

КНР — Китайська Народна республіка.

ОМЧ (ЗМЧ) – загальне мікробіологічне число.

ООН – Організація Об’єднаних Націй.

ОР – органічна речовина.

С. – село.

СЕС – Санітарно - епідеміологічна служба.

ТЕС – теплова електростанція.

ТЕЦ – теплоелектроцентрально.

ТПВ – тверді побутові відходи.

УкрСЕПРО – Українська державна система сертифікації продукції.

Ч.О. – частка одиниці.

					03-52.2403.68.19		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Педаш				Перелік скорочень		
Перевір.	Жукова Н.І.						
Реценз.	Зуєвська Н.В.						
Н. Контр.	Репін М.В.						
Затверд.	Ткачук К.К.						
					Лім.	Лист	Листів
					КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		

ВСТУП

Залежність України від імпорту природного газу є важливою проблемою. Як варіант її вирішення пропонується є заміна даного ресурсу біогазом. Існує декілька способів його виробництва та видобутку, одним з яких є отримання даного енергоресурсу безпосередньо на полігонах твердих побутових відходів.

Об'єкт дослідження. Процес отримання біогазу з органічних відходів на полігонах ТПВ.

Предмет дослідження. Методики і шляхи отримання біогазу з органічних відходів на полігонах твердих побутових відходів.

Мета дослідження. Розглянути шляхи отримання біогазу з органічних відходів.

Задачі дослідження:

- 1) Розгляд потенційних об'єктів, які можуть слугувати джерелом для виробництва біогазу.
- 2) Розгляд впливу цих об'єктів на навколишнє середовище.
- 3) Розглянути ти математичну модель фільтрації забруднюючих речовин до ґрунту.
- 4) Пропозиція можливого технологічного процесу виробництва біогазу з органічних відходів.
- 5) Оцінка потенційної кількості та якості отриманого біогазу та перспективи його використання.

					03-52.2403.68.19				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Педаш				Вступ	Лім.		Лист	Листів
Перевір.	Жукова Н.І.								
Реценз.	Звєвська Н.І.								
Н. Контр.	Репін М.В.								
Затверд.	Ткачук К.К.					КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ			

1 БІОГАЗ. СКЛАД І ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ

Біогазом є суміш метану, вуглекислого газу, діоксиду азоту, оксид вуглецю, сірководню та інших хімічних речовин, який утворюється в тілі полігону внаслідок протікання анаеробної ферментизації [1].

Основними джерелами утворення біогазу є такі фракції сміття як деревина, харчові відходи, текстиль, папір тощо.

Склад біогазу, в основному, є таким [1]:

- метан – 40-60%;
- діоксид вуглецю – 30-45%;
- інші хімічні речовини (азот, кисень, сірководень тощо).

1.1 Утворення і виділення біогазу

Органічні відходи, знаходячись в тілі полігону при обмеженій кількості кисню та під дією метаноутворюючих бактерій, починають перегнивати. Інакше кажучи, в анаеробних умовах протікає такий процес як біоконверсія органічної речовини (ОР). Біоконверсія проходить за участі метаногенного співтовариства мікроорганізмів. Результатом їхньої діяльності є утворення біогазу. Макрокомпонентами даної субстанції є CH_4 (метан) і CO_2 (вуглекислий газ) [1].

Біоконверсія залежить від таких параметрів як суміш органічних фракцій, вологість, рН, температура. Рівняння кінетики реакції утворення газу першого порядку визначає вплив цих факторів на даний процес у комплексі.

					03-52.2403.68.19			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Педаш				Біогаз. Склад і процес утворення біогазу	Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Жукова Н.І.							
Реценз.	Звєвська Н.В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІЕЕ		
Н. Контр.	Репін М.В.							
Затверд.	Ткачук К.К.							

Це рівняння має наступний вигляд [1]:

$$Q=M \cdot q \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

де k – константа швидкості реакції утворення газу, 1/рік .

M – маса відходів, т.

q – питомий газовий потенціал, $\text{м}^3/\text{т}$.

Q – кількість біогазу, яка генерується за певний проміжок часу, м^3 .

t – час, роки.

У складі органічної речовини виділяють такі матеріали [1]:

- 1) матеріали, які розкладаються повільно (процес розкладання триває кілька десятків років);
- 2) матеріали, які розкладаються із середньою швидкістю;
- 3) матеріали, які розкладаються з великою швидкістю (термін їх розкладання від двох до чотирьох років).

Фракції органічних речовин, які входять у склад органічної речовини, відрізняються не тільки терміном розкладання, а й фізико-хімічними властивостями. Ці властивості залежать від складу самих відходів. Отже, перед тим, як говорити про процес газоутворення, необхідно розглянути склад самих відходів полігону [1]. Відомо, що побутове сміття є найбільшою групою відходів, якщо оцінювати їх за кількістю утворених в населеному пункті відходів.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура побутових відходів по Україні в цілому має такий вигляд [2]:



Рисунок 1.1 – Структура побутових відходів в Україні

Для порівняння наведемо структурний склад побутових відходів закордоном [2]:

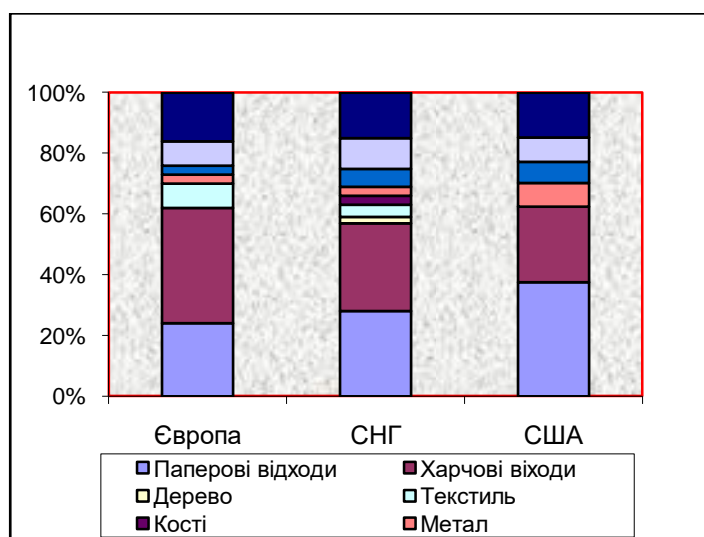


Рисунок 1.2 – Морфологічний склад ТПВ закордоном

Оскільки в даній роботі як джерело біогазу розглядається полігон твердих побутових відходів №5 міста Києва, то варто вказати склад відходів столиці України. Він може бути представлений у вигляді таблиці 1.1[2].

Таблиця 1.1– Морфологічний склад ТПВ у м. Києві

Макулатура	30%
Харчові відходи	37%
Полімерні відходи	7%
Деревина	3%
Шкіра, гума, текстиль	5%
Скло	3,5%
Чорні метали	4,5%
Кольорові метали	1%
Інше (каміння, кераміка, відсів)	9%
Вологість відходів	35÷50%
Теплота згоряння	450-600 ккал/кг

В цілому, маса побутових відходів полігону ТПВ №5 складається з таких компонентів [2]:

- чорні та кольорові метали – 2-4%;
- скло – 4,3%;
- текстильні матеріали – 4,7%;
- пластмаса – 8,3%;
- шкіра, дерево, каміння – 8,4%;
- макулатура – 30%;
- харчові відходи – 37%.

Вологість твердих побутових відходів(вологівміст як відношення маси води до маси твердої фази),згідно з аналізом відбору проб,є непостійною. Вона коливається в межах від 0,27 до 1,81 частках одиниці (ч. о.). Найнижчі її значення характерні для тієї частини відходів,яка знаходиться в зоні аерації(відкладень,які лежать вище рівня води,який був вскритий) і дорівнюють 0,27-0,53 ч.о. Найвищі значення спостерігаються у зоні водонасичення.

Зоною водонасичення називають зону для відкладень, які лежать нижче, ніж вскритий рівень. В цій зоні значення вологовмісту знаходиться в межах близько одиниці і вище.

Варто зазначити, що мають місце випадки слабкого зволоження в зоні водонасичення. Крім того, існує також сильне зволоження в зоні аерації. В цілому, відкладення мають велику різницю значень густини та вологості.

Результати, які були отримані після аналізу проб, що відбиралися з трьох свердловин (свердловини 1, 2, 3) полігону ТПВ, представлені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1. 2 – Результат лабораторних досліджень відібраних проб ТПВ

№ свердл.	Глибина відбору, м	Природна вологість в ч.о.	Густина, г /см ³	Примітка
1	0,5	0,27	-	Зона аерації
	1	0,56	-	Зона водонасичення
	2	0,42	-	Зона водонасичення
	3	1,27	-	Зона водонасичення
	4	1,51	-	Зона водонасичення
	5	1,16	-	Зона водонасичення
2	1,0	1,18	0,97	Зона аерації
	2,0	0,53	-	Зона аерації
	3,0	0,91	1,10	Зона аерації
	3,3	1,18	-	Зона водонасичення
	4,0	1,81	0,59	Зона водонасичення
	5,0	0,53	1,34	Зона водонасичення
3	1,0	1,11	1,50	Зона аерації
	2,0	0,81	0,98	Зона аерації
	3,0	1,34	1,46	Зона аерації

З вищесказаного можна побачити, що процес газоутворення залежить від багатьох чинників. Саме ж газоутворення починається на третій рік від того моменту як полігон побутових відходів використовується як джерело складування сміття [3].

Відомо, що у перші 30 років експлуатації полігону з одного метра кубічного відходів виділяється до $1,5 \text{ м}^3$ біогазу на рік. Надалі швидкість вище зазначеного процесу істотно знижується [3].

Період повного розкладання біогазу проходить протягом 70 років і більше. На рис. 1.3 представлено зміну біогазової продуктивності в часі.

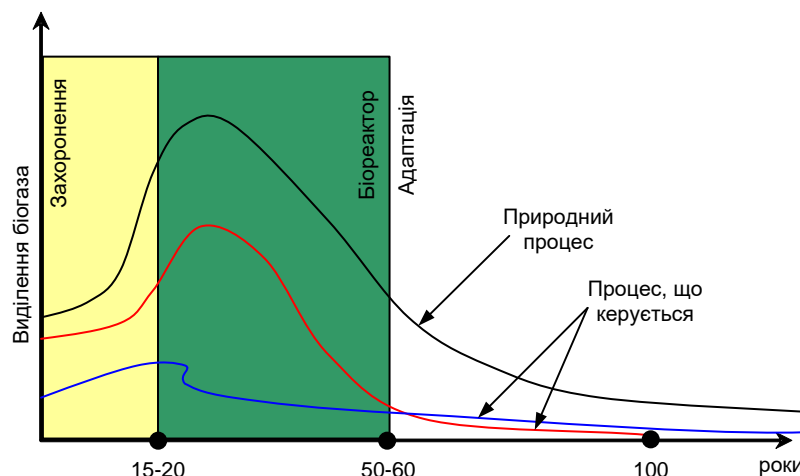
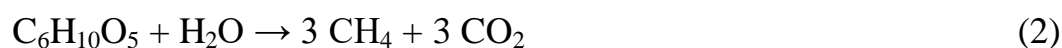


Рисунок 1.3 – Зміна біогазової продуктивності полігону ТПВ в різні етапи часу

Газогенерація в середньому завершується в тілі полігону на проміжку часу від 10 до 60 років. Питомий вихід газу при цьому становить $120\text{-}200 \text{ м}^3$ на тонну твердих побутових відходів. Рівняння реакції стехіометрії процесу утворення газу має такий вигляд [3]:



Виділення біогазу залежить від таких параметрів, як температура, кислотність, вологість, густина, склад тощо. Умови для появи метаноутворюючих мікроорганізмів в тілі полігону такі [3]:

- температура – вище 30 °С;
- вологовміст – більше 0,5 ч. о;
- значення –рН більше 7.

1.2 Складність використання біогазу полігонів ТПВ

Використання біогазу, утвореного на полігоні ТПВ пов'язано з деякими труднощами [3].

1. Нерівномірність виділення. Протягом року біогаз виділяється нерівномірно. Взимку (період опалювального сезону) виділення газу практично не відбувається, влітку ж виділяється основна частина енергоносія

2. Конструкція полігону. Полігон побутових відходів представляє собою біохімічний реактор, стінки якого побудовані з ущільненої глини. Стінки здатні витримувати лише незначні перепади тиску, внаслідок чого значна швидкість транспортування біогазу до колектора не може бути забезпечена.

3. Потреба в попередній підготовці. Оскільки біогаз має в своєму складі баластові та шкідливі домішки, він потребує попередньої підготовки для використання в якості палива в двигунах внутрішнього згорання, турбінах, котельнях [3].

Етапи підготовки біогазу для використання [3] :

- очищення від суспендованих частинок;
- видалення сірководню;
- відділення вологи;
- зменшення кількості діоксиду вуглецю.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Невисока економічна ефективність. Біогаз виділяється в незначних для економічного використання кількостях – 1-1,5 метрів кубічних на рік з одного кубічного метра відходів. В даному випадку використання малих полігонів ТПВ є не вигідним [3].

1.3 Система збору біогазу на полігонах ТПВ

Добре зарекомендували себе системи вертикальних свердловин, з'єднані горизонтальними дегазаційними трубопроводами [4].

Горизонтальні газовідвідні трубопроводи мають вигляд перфорованих труб. Ці труби призначені для видалення газу і розміщуються на різних глибинах в тілі звалища та оточують шаром гравію. З метою уникнення забивання труб водяними пробками внаслідок консолідації тіла сміттєзвалища, рекомендують прокладати їх з уклоном не менш 5-7%.

Вертикальна газова свердловина є колодязем діаметром 0,6-1,2 м. В середині цього колодязя знаходиться перфорована труба, виготовлена з поліетилену високого тиску або іншого антикорозійного матеріалу. Горизонтальні трубопроводи, за допомогою яких з'єднуються газові свердловини, виконуються із труб з поліетилену. По вищеописаній системі трубопроводів біогаз подають на спалювання або на утилізацію іншим способом [4].

В основі робочої карти монтується ряд колодязів зі збірних залізобетонних кілець. Діаметр таких кілець 0,7-1 м. Нарощування колодязів ведуть у міру заповнення робочої карти полігону. Кільця мають пропили або перфораційні отвори.

Всередині колодязів встановлено перфоровані труби (виконані з пластмасу або азбестоцементу). Діаметр таких труб складає 100-120 мм. Простір між перфорованими трубами та внутрішніми стінками колодязя засипано щебенем. Фракції щебеню, що застосовується, 40-70 мм. Відстань між колодязями 30-40 м.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таку відстань обирають для вільного маневрування сміттевозів.

Через кожні 2 м за висотою до колодязя підводять в основному 3-4 горизонтальні дрени; довжина кожної з них 10-15 м.

Горизонтальні дрени виконуються із перфорованих труб, виготовлених з пластмаси; діаметр таких труб 50-60 мм. Труби покладені на основу з щебеню фракцій 20-40 мм [4].

Робоча карта заповнюється шарами із пересипанням глиною, ґрунтом через кожні 2 м за висотою. Цей процес проводять до завершення формування газоносного шару, загальна висота якого складає 8-10 м, після чого верхню частину ТПВ ізолюють шаром глини, товщина якого складає 1 м.

Другий варіант збору біогазу на полігоні передбачає буровим способом створити свердловини з кроком 30-40 метрів. Проводяться ці роботи після заповнення робочої карти до проектної відмітки і влаштування покрівлі [4].

Свердловини бурять до основи полігона ТПВ. З метою виконання даної роботи використовуються установки обертального буріння з діаметром бура 200-300 мм.

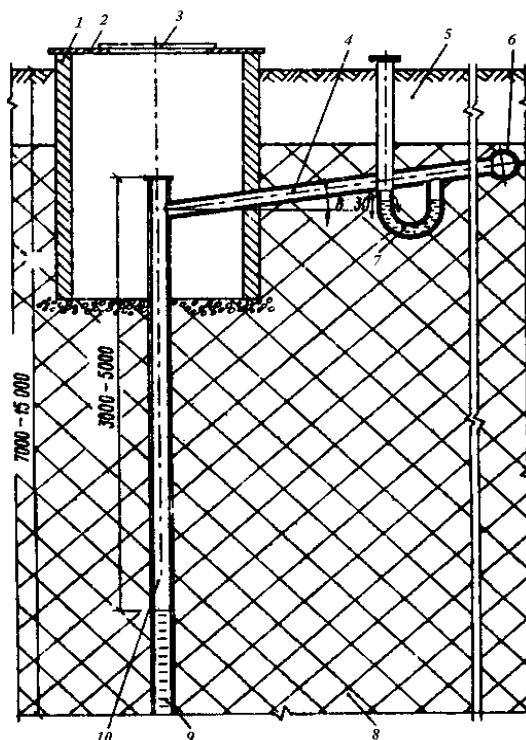
Газові свердловини рекомендують облаштовувати перфорованими полімерними трубами, діаметр яких становить 100-150 мм. Перфорацію труб проводять свердлом діаметром 18 мм по колу через 60°. Відстань між отворами повинна становити 50 мм. Верхня частина труби повинна бути суцільною, без перфорації; довжина такої труби складає 1,5-2 м [5].

Нижню частину свердловини, висота якої складає до 0,5 м, засипають щебенем фракцій 40-70 мм. Простір між стінкою свердловини і трубою засипають щебенем фракцій 20-40 мм.

Верхню частину свердловини заливають бетоном на глибину від 0,8 м до 1 м. На поверхню виводять неперфоровану частину труби, висота якої складає 0,7-0,8 м.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Оголовки свердловини захищені від механічних ушкоджень залізобетонними кільцями, діаметр яких складає 1-1,5 м. Схему даної свердловини показано на рисунку 1.4 [5].



1 – залізобетонний колодязь; 2 – люк, 3 – кришка люка; 4 – відвідна труба; 5 – покрівля; 6 – збірна труба; 7 – сифон з отворами для зливання води; 8 – шар ТПВ; 9 – фільтр; 10 – фільтрова колона

Рисунок 1.4 – Подовжній розріз вертикальної газозбірної свердловини

Газозбірні свердловини з'єднуються за допомогою горизонтальних полімерних трубопроводів, діаметр яких складає 50-80 мм. По цих трубах біогаз надходить у камери первинного збирання (газозбірні пункти), які розташовуються на поверхні полігона ТПВ і об'єднують по 8-12 свердловин.

Труби прокладаються із невеликим ухилом (3 %) до газозбірних пунктів. Таке рішення приймається з метою створення умов для стікання сконденсованої вологи біогазу. У нижніх точках газопроводу встановлені конденсатозбірники [5].

Трубопроводи від газозбірних пунктів об'єднуються у магістральний трубопровід. По ньому біогаз направляється до дегазаційної установки, яка розміщена в господарській зоні полігона ТПВ.

Доцільно прокладати проміжні і магістральні газопроводи на шарі твердих побутових відходів, з часу укладання яких минуло мінімум 6 місяців. Труби вкладаються із кроком 2,5-3 м на металеві або залізобетонні підкладки, довжина яких складає 40-50 см [5].

Прокладання газопроводів на поверхні полігона ТПВ здійснюється у футлярах або обсипці з теплоізоляційних матеріалів.

Для обладнання газових свердловин і транспортування біогазу застосовуються труби з поліетилену низького тиску з маркуванням "Газ".

Енергетично корисним вважається біогаз із співвідношенням концентрації CH_4 : $\text{CO}_2 = 1:5$.

При використанні споруджень систем дегазації звалищ можливі порушення анаеробних умов у товщі відходів. Це приводять до придушення процесу метаногенезу. Відношення концентрації CH_4 : CO_2 у біогазі менше 1:2, присутність азоту в кількості більше 1% і наявність кисню є ознаками того, що в товщу полігона проникло повітря. В разі виникнення подібної ситуації необхідне проведення термінових заходів для додаткової герметизації свердловин [5].

Систему збору біогазу споруджують на площі 6 га на першій черзі полігона. Такий вибір обумовлений декількома факторами [5]:

1. Вищезазначену площу не використовують для захоронення відходів на даний момент;
2. неподалік від обраної ділянки розташовано госпдвір, де знаходиться насосна станція, резервуари води і установка по обробці фільтрату «VOMM». На цій установці планується утилізація зібраного біогазу.

					03-52.2403.XXXX.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактична потужність установки «VOMM» 4,3 м³/год. Кількість обробленого фільтрату 200 м³/добу. Споживання природного газу становить 1275,6 м³/год. (25512 м³/добу), споживання електроенергії складає 708 кВт/год. (14160 кВт/добу). Використовуючи в якості енергоносія для даної установки біогаз сумісно з природним газом можна зекономити 10% останнього.

Біогаз, утворений в товщі захоронених на полігоні ТПВ, витягають через спеціально пробурені свердловини за допомогою водокільцевих вакуум-насосів.

По системі трубопроводів він надходить у газозбірні пункти, з яких через вологовідділювачі іде на утилізацію.

Склад комплексу споруджень є таким [5]:

- група газозбірних свердловин;
- газозбірні пункти із запірною-регулюючою й контрольно-вимірювальною апаратурами;
- насосна станція з водокільцевими вакуум-насосами в якій розміщені й вологовідділювачі;
- резервуар оборотної води;
- трубопроводи подачі біогазу на установку утилізації фільтрату «VOMM»
- газорегуляторна установка.

Всі спорудження, за виключенням свердловин і газозбірних пунктів, розташовані за межами зони складування ТПВ на території госпдвору. З метою збору й відведення біогазу з товщі ТПВ на полігоні буровим способом споруджують 77 свердловин із кроком 30 м по площі полігона, що обирається. Свердловини з'єднуються між собою трубопроводами [5].

Магістральні трубопроводи прокладають паралельно поверхні землі з ухилом не менш 3%. В нижніх точках установлюють дренажні штуцери із запірними арматурами. Труби укладають на рухливі опори із кроком 3,0 м.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Свердловини пробурюють на всю глибину шару відходів до протифільтраційного екрана. Як газовідвідні труби використовують перфоровані поліетиленові труби ,діаметр яких становить 100 мм. Отвори або пропили розташовують в шаховому порядку. Верхня частина труби ,довжина якої 1,5-2,0 м, не повинна мати перфорацію. Нижню частину свердловини засипають щебенями великих фракцій, і потім опускають до неї трубу.

Простір між стінкою свердловини й трубою засипають щебенями. Площу навколо свердловини радіусом 1,5 - 2 м ізолюють шаром глини, товщина якого складає 0,3 - 0,4 м [5].

Устя свердловини обладнують залізобетонною плитою і камерою, у якій розташовується пробовідбірник для контролю хімічного складу біогазу та запірно-регулюючі арматури.

Отвір у плиті і простір між трубою і свердловиною заливають бетоном на глибину 0,8 - 1,0 м. Зі свердловини біогаз по магістральному трубопроводу, діаметр якого складає 50 мм, надходить до газозбірних пунктів. Свердловину до магістрального газопроводу проводять за допомогою гумовотканинного рукава Ду25 мм.

Насосну станцію використовують для добування біогазу з товщі сміття шляхом відсмоктування через свердловини. Крім того, вона забезпечує стабільне надходження газу на установку утилізації. Дегазацію полігону забезпечують два водокільцевих вакуум-насоси із вибухобезпечними електродвигунами [5].

Вакуум-насос зображено на рисунку 1.6. Він створює у системі трубопроводів незначне зниження тиску (близько 10 см водяного стовпа). Цього зниження достатньо для дифундування газу з товщі відходів у газозбірники й подолання місцевих опорів газопроводів. Робочі характеристики вказані в таблиці 1.3 [5].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Робочі характеристики вакуум-насосу

Параметри	Кількісні характеристики
Витрата води на роботу насоса	0,4 л/с
Продуктивність роботи	3,1 м ³ /хв.
Потужність двигуна	15 кВт
Швидкість обертів робочого колеса	1450 об/хв.

У циліндричному корпусі 1 (рисунок 1.5) ексцентрично розташоване робоче колесо 2 з лопатками. При обертанні колеса відкидають воду до стінок корпусу і створюють обертове кільце води 4. Серповидний простір між маточиною робочого колеса і водяним кільцем, який лопатки розділяють на окремі робочі осередки, називається робочий обсяг машини.

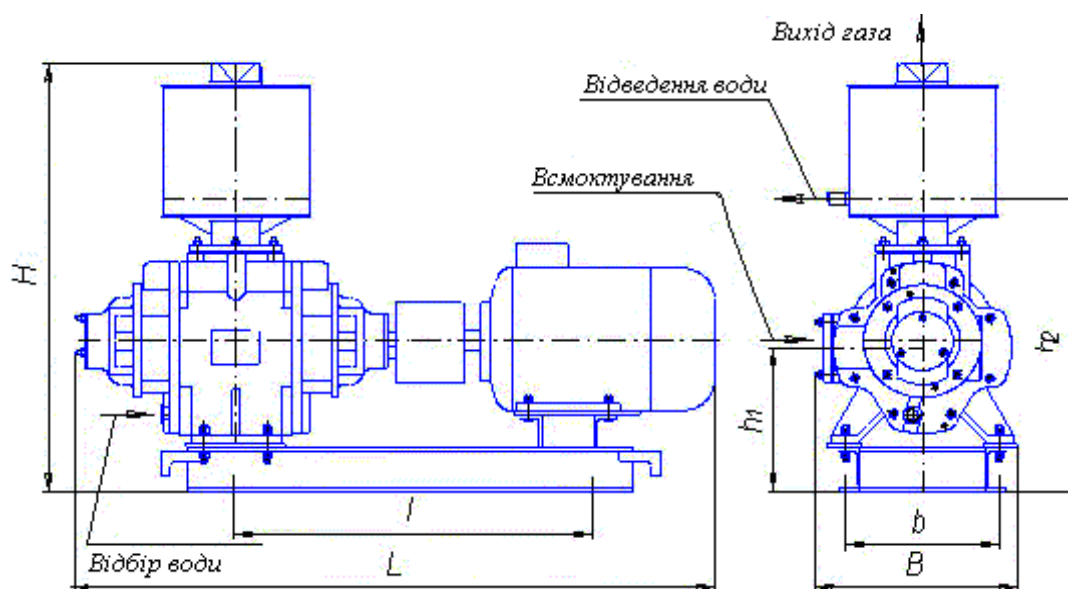


Рисунок 1.5 – Конструкція водокільцевого вакуум-насоса

Внутрішня поверхня водяного кільця торкається маточини колеса угорі й створює перешкоду для перетікання повітря на всмоктувальний бік з нагнітального. Внутрішня поверхня рідинного кільця протягом першого півоберту колеса в напрямку стрілки поступово віддаляється від маточини, утворюючи вільний обсяг між лопатками колеса, який заповнюється повітрям через усмоктувальне вікно 3 з усмоктувального патрубка машини у торцевій кришці корпусу машини [5].

Протягом другого півоберту колеса внутрішня поверхня рідинного кільця наближається до маточини. Повітря, яке перебуває між лопатками, стискається і витісняється через нагнітальне вікно 5 у нагнітальний патрубок машини.

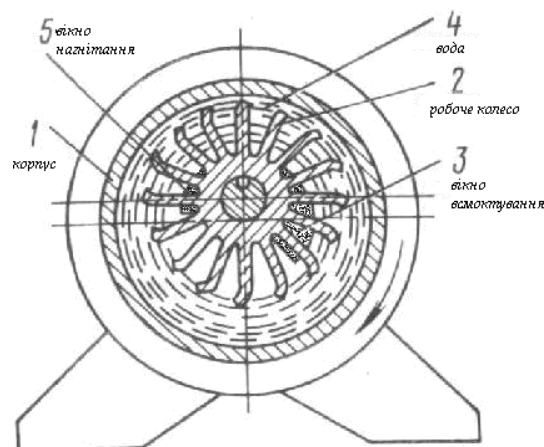


Рисунок 1.6 – Розріз водокільцевого вакуум-насоса.

Таким чином, у водокільцевому насосі переміщення повітря в нагнітальний патрубок з усмоктувального відбувається рівномірно і безупинно [5].

Водокільцеві насоси конструктивно прості, надійні в експлуатації, відрізняються низьким рівнем шуму при роботі. Наявність в конструкції апарату рідинного кільця робить можливим відкачування газів, що містять пари, краплинної рідини, твердих сторонніх включень (пилу) і абразивних часток. Крім того, процес стиску газу відбувається з інтенсивним теплообміном і близький до ізотермічного, що дозволяє відкачувати і перекачувати вибухонебезпечні гази. Усі зазори між обертовим ротором та нерухомим корпусом ущільнені робочою рідиною – водою.

Насоси не мають спеціальної системи змащування та масла насосів. При використанні води в якості робочої рідини виключено забруднення біогазу парами масел.

У будівлі насосної станції також встановлено вологовідділювачі з циліндричною ємністю $D=350$ мм; $H=700$ мм. Вологовідділювачі мають у своїй конструкції поперечні перегородки.

Волога осаджується на пластинах за рахунок різкого зменшення швидкості газового потоку, стікає в нижню частину ємності, де періодично видаляється.

Після проходження через вологовідділювачі неочищений біогаз поступає по трубопроводам в котли італійської установки з обробки фільтрату «VOMM» в якості енергоносія сумісно з природним газом. Оскільки біогаз спалюється в котлі, попереднє його очищення від домішок не є необхідним [5].

1.4 Полігон твердих побутових відходів як місце утворення біогазу

1.4.1 Характеристика сміттового полігону як джерела отримання біогазу

З метою утилізації побутового сміття в с.Підгірці Обухівського району Київської області було створено полігон твердих побутових відходів №5. Розташований цей полігон на відстані від 15 кілометрів від межі столиці України. Даний полігон є основним місцем для зберігання побутового сміття відкритим

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

способом. Він був введений в експлуатацію у 1986 році і приймає 1200-1400 тонн сміття щоденно [6].

Загальна схема полігону ТПВ №5 наведена на рисунку 1.7 [7]:

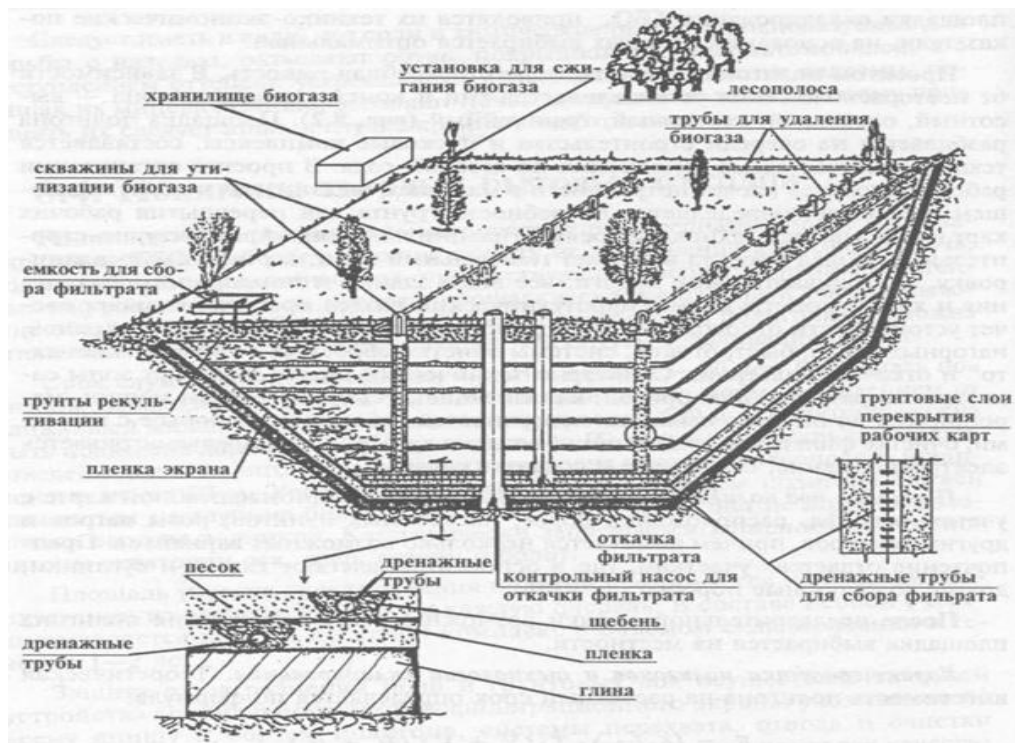


Рисунок 1.7 – Загальна схема полігону ТПВ №5

В комплекс об'єкту входять такі інженерно-технічні споруди [8] :

- майданчик «А»(введений в експлуатацію у 1997 році);
- майданчик «Б»(знаходиться в експлуатації з 1986 року);
- комплекс очищення фільтрату;
- муловідстійник;
- господарський двір з комплексом необхідних об'єктів(склад

ГСМ,закрита стоянка механізмів,виробничо-побутовий комплекс з котельнею та інші).

Площа даного полігону дорівнює 63,7 гектари. Площа території,яка відведено безпосередньо для складування побутового сміття,дорівнює 35,75 гектари [8].

1.4.2 Географічне положення і кліматичні особливості місця розташування полігону ТПВ №5

Полігон ТПВ розміщений в 25 кілометрах південніше міста Києва на правому березі річки Дніпро на відстані десяти кілометрів від русла ріки. Даний район розташований на Рівнині Придніпровської(Київсько-Канівської) височини у межах Дніпровсько-Донецької западини [9].

Київсько-Канівська височина представляє собою смугу, яка розташована на правому березі Дніпра і простягається до півдня даного міста. Зі сходу вона обмежена долиною ріки, а з заходу її обмежує область виходів кристалічних порід. Височина має слабо хвилясту поверхню, абсолютні оцінки якої знаходяться в межах від 150 до 200 метрів.

Терасова низинна область Дніпра, яка прилягає до неї, знаходиться нижче даної місцевості на висоту від 50 до 100 метрів. Це призводить до того, що в даній місцевості енергійно розвивається густа ерозійна мережа та зсувні явища. Розташування площадки полігону ТПВ №5 припадає на зону розвитку водороздільного плато.

Долинно-балковий рельєф є основною рисою даної місцевості. Що стосується водороздільних просторів, то варто зазначити, що вони є сильно звуженими.

Схили ж річкових долин і балок часто ускладнюються виходами порід дочетвертинного періоду. Густа мережа розгалужених ярів прорізує верхні частини схилів долин. За характеристикою відкладень четвертинного періоду на поверхні дана місцевість відноситься до лесової зони. Зона долини річки Дніпро безпосередньо прилягає до границі плато [9].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

В цілому, місцевість має дві надзаплавні тераси і одну заплавну. Детально розглянемо ці елементи місцевості. Перша надзаплавна (борова). Дана тераса має чітке вираження в рельєфі. Вона піднімається над рівнем річки Дніпро на висоту до 12-18 метрів. Її поверхня являє собою доволі нерівну площадку з піщаними пагорбами. Ці пагорби мають значну висоту: деякі з них піднімаються над поверхнею площадки на висоту 15-20 метрів. Тераса характеризується високим ступенем заболоченості та має безліч давніх потоків у своєму рельєфі. В її основі лежать флювіогляціальні валунні піски, потужність яких знаходиться в межах 10-12 метрів. Другий рівень представлений рівно зернистими пісками, які мають домішки у вигляді гравію та гальки. Потужність цього пласта доволі значна: вона досягає 30-40 метрів.

Друга надзаплавна. Морфологічне вираження даного елементу місцевості є доволі нечітким. Дана тераса представляє собою вузьку смугу шириною 400-500 метрів. Місцевість, уздовж якої вона розташована, представляє собою крутий схил плато.

Друга надзаплавна тераса має рівну поверхню. Вище зазначена тераса піднімається над рівнем ріки Дніпро на висоту від 18 до 20 метрів [9].

Склад цієї тераси представляє собою лесові грубі алювіальні суглинки вгорі і флювіогляціальні валунні піски, потужність яких сягає 15 метрів, в основі. Заплава (заплавна тераса). Дана тераса має чітке вираження і в долинах припливів Дніпра, і в сучасній долині ріки Дніпро. Висота даної тераси над рівнем ріки становить 3-4 метри [9].

Заплава характеризується нерівною поверхнею з численними протоками та старицями, які на даний момент заростають. Також тераса має у своєму складі піщані пагорби, які мають висоту до 20 метрів, та луки, які під час весняного паводку затоплюються. Склад тераси є доволі різноманітним: верхня частина представлена коричнюватими і сірими суглинками, які чергуються між собою, місцями зустрічаються лінзи торфу.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

В нижній частині тераса має у своєму складі добре промиті різнозернисті піски. Заплавна тераса була сформована у пост льодовиковий період [9].

Геологічними процесами, які найбільш часто зустрічаються на розглянутій території, є зсуви і яроутворення. Яроутворенням називають процес утворення розмиву лінійних форм, які відрізняються за формою, довжиною, глибиною. В розглянутому районі швидкість росту деяких ярів досягає 1-3 метрів на рік. На крутих схилах ярів даної місцевості розвиваються обвали і осипи ґрунту, а також зсуви. Внаслідок цих процесів виполохуються схили яру та відбувається його розширення. На розглянутій території густина ярово-балкової мережі є дуже високою. Цей показник сягає значення $0,9 \text{ км/км}^2$ [9].

В основному, зсуви у даній місцевості є висячими. Ширина зсувної тераси досягає 150 метрів. Вона простягається безупинно уздовж берега ріки Дніпро на відстань більше трьох кілометрів.

Висота ж самих схилів, які розташовані над підшвою вищезазначених порід, дорівнює 50-55 метрів. Високе гіпсометричне положення строкатих глин забезпечує однаково сприятливі умови для утворення зсувів як в ярах, так і на берегах рік.

Характер рослинного і тваринного світу, які знаходяться в даній місцевості, район, що досліджується, можна віднести до лісостепової зони. Ґрунти в даному районі представлені опідзоленими і типовими чорноземами (вміст гумусу 4-6%) та сірими лісовими ґрунтами [9].

Ліси знаходяться в основному на площадках розчленованих вододілів, які чергуються зі значними за своєю площею розораними ділянками. Рослинний світ представлений деревами широколистої породи-бук, дуб, граб, ясен, липа, клен та інші. На піщаних терасах знаходяться соснові ліси.

З тваринного світу тут зустрічаються дикий кабан, олень, куниця, вовк, ховрах, хом'як, тхір, білка, заєць, сорока типова куріпка сіра та інші.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Поблизу полігона ТПВ №5 міста Києва заповідники державного або місцевого значення не розташовані [9].

1.5 Вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище

1.5.1 Забруднення атмосферного повітря

В даній місцевості забруднення повітря характеризується фоновим забрудненням території індустріальними об'єктами Обухівського району. Варто зазначити, що в даному районі було проведено оцінку прогнозного фонового забруднення приземного шару атмосфери [10].

Результати проведеного прогнозу для зони полігону ТПВ є такими [10]:

- оксид вуглецю – 0,011 ГДК_{м.р.};
- сірчаний ангідрид – 0,035 ГДК_{м.р.};
- зважені частинки – 0,1 ГДК_{м.р.};
- діоксин азоту – 0,18 ГДК_{м.р.};
- сірководень – 0,34 ГДК_{м.р.}

При проведенні прогнозу враховувалися викиди промислових об'єктів міста Києва та Обухівського району. Крім того, в районі розташування полігону ТПВ у 2005 та 2007 роках було проведено санітарно-гігієнічні дослідження повітряного середовища [10].

Відбір проб здійснювався в таких точках [10]:

- на площадці самого полігону на відстані 300 метрів від нього в напрямку до села Підгірці;
- на границі санітарно-захисної зони (відстань 500 метрів);
- на границі села Підгірці на відстанях від полігону в 500 і 1800 метрів.

Результати проведених замірів було занесено до таблиці 1.4 [10].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Рівні забруднення, мг/м³ атмосферного повітря в районі розміщення полігона ТПВ

Назва речовини	2005		2007	
	Полігон	300м	Полігон	800м
Фенол	0,006	-	-	-
Зважені речовини	0,1	-	0,43	1,4
Аміак	-	-	0,37	0,13
Сірководень	0,028	0,013	-	-
Діоксид азоту	0,034	0,036	0,051	0,039
Оксид вуглецю	0,8	0,7	1,5	1,6

Склад забруднюючих речовин в досліджуваній місцевості(район полігону ТПВ) є дуже різноманітним. Спектр речовин включає як постійні(оксиди вуглецю та азоту),так і санітарно-хімічні показники специфічного характеру(сірководень,оцтова кислота,ацетальдегід тощо) [10].

Для більш об'єктивної оцінки стану атмосферного повітря варто розглянути інші джерела його забруднення на полігоні ТПВ [10].

Котельня. Обладнана двома побутовими котлами,паливом для яких слугує вугілля. Призначена для опалення приміщень полігона. Забруднюючими речовинами,які викидаються через трубу в атмосферу,є діоксини азоту,зола,оксиди вуглецю,сірчистий ангідрид, бенз(а)пірен.

Дизельна електростанція. Забезпечує електроенергією обладнання фірми «Rochem» ділянки очисних споруд. Під час роботи дизельного двигуна в повітря виділяються продукти згоряння дизельного палива:сажа,оксиди азоту та вуглецю,сірчистий ангідрид,бенз(а)пірен.

Накопичувач стічних вод. Його призначення полягає у відстоюванні та аерації стічної води перед подачею на установку для очищення фірми «Rochem». Забруднюючими речовинами,які виділяються в атмосферу від цього об'єкту є сірководень та фенол.

Склад дизельного палива. Представляє собою спеціальне приміщення,в якому розміщуються ємності з дизельним паливом. При зберіганні та під час переливання дизельного палива в атмосферне повітря через вентиляційну трубу виділяються пари вуглеводнів.

Майданчики А і Б полігону ТПВ. З майданчиків полігону виділяється пил при здуванні з поверхонь секцій. Крім цього, пил також виділятиметься при переміщенні технікою сміття та ґрунту [10].

Робота автомобільного транспорту. Робочий проект «Очисні споруди стічних вод полігону ТПВ у с.Підгірці» включає в себе технологічний процес прийому, складуванню, ущільненню й ізоляції ТПВ.

Організація робіт передбачає [10]:

- в'їзд машин на територію полігону;
- проїзд по території полігону за встановленими маршрутами;
- розвантаження сміттевозів;
- розрівнювання та ущільнення сміття бульдозером;
- складування ізолюючих матеріалів;
- пристрій ізолюючого шару.

Вся техніка працює на дизельному паливі. Під час її роботи в атмосферне повітря потрапляють такі забруднюючі речовини: бенз(а)пірен, оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні [10].

1.5.2 Забруднення води

Поверхневі води. Аналіз негативного впливу полігону ТПВ на поверхневі води проводився на основі оцінки струмка балки «Марусин Яр», у якій розташований вищезазначений об'єкт [10].

Було проведено гідрохімічне випробування поверхневих вод струмка розглянутої балки.

Воно проводилося у чотирьох точках [10]:

- 1) біля полігону ТПВ за підпірною стінкою;
- 2) на 1 кілометр нижче, біля зупинки «Креничі»;
- 3) на початку с.Ходосіївка (2,5 км нижче полігону);
- 4) за с.Ходосіївка.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати хімічних аналізів для окремих компонентів було занесено в таблицю 1.5 [10].

Таблиця 1.5 – Розподіл елементів забруднювачів по потоку струмка

Місце відбору проб	NO ₃ мг/дм ³	NH ₄ мг/дм ³	Нафтопродукт и мг/дм ³	NO ₂ мг/дм ³	Cr мг/дм ³	Cu мг/дм ³	Ni мг/дм ³	Zn мг/дм ³
точка 1	7,48	0,02	0,31	0,8	0,19	0,3	0	0,16
точка 2	4	0,02	0,34	0,5	0,05	0,5	0	0,1
точка 3	0,4	0,03	0,34	0,5	0,06	0,7	0	0,23
точка 4	3,3	0,39	2,2	0,1	0,05	0,9	0,17	0

Наведені в таблиці дані гідрохімічного випробування для різних періодів часу характеризуються відносно близькими між собою показниками. Виключенням є величина ХПК і вміст хлоридів: розкид їх значень перевищує десятки разів, а бактеріального забруднення – сотні разів [10].

За хімічним складом води струмка можна охарактеризувати як гідрокарбонатні або хлоридно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієвого складу, мінералізація яких становить 0,1-0,9 г/дм³. Перевищення рівня ГДК за вмістом нормованих компонентів Cl⁻, Mg²⁺, NO₃⁻ і SO₄²⁻ не спостерігається: ця величина становить в середньому 0,05-0,5 ГДК. Вміст метану коливається в інтервалі 0,8-4 ГДК [10].

Вміст заліза і величина ХПК значно перевищують значення ГДК: вони становлять 4-166 ГДК та 1,5-40 ГДК відповідно, причому вміст розчиненого кисню становить 1-3 ГДК, а біохімічне споживання кисню – 1,5-2 ГДК [10].

Згідно з норм ГДК для водойм господарсько-питного й культурно-побутового призначення, вміст NO₂, NO₃, Ni, Hg, Cr та фенолу не перевищує рівнів ГДК в більшості випадків, а вміст Zn й Cu коливається у незначних межах (0,3-2 ГДК) [10].

Мікробіологічні показники є найбільш незадовільними. Індекс бактеріальної групи кишкових паличок в 1мл – 18-3800, число сапрофітних бактерій – 22-42600, коліфаги – 1400-61400 БОЕ/дм³. Практично всі проби містять фекальні забруднення. Збудники кишкових інфекцій шигели й сальмонели виявлені не були [10].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо простежити за зміною вмісту окремих хімічних елементів у водах струмка, то можна відзначити максимальний вміст Zn, Cu, Ni й сухого залишку поблизу полігону ТПВ. Вміст цих компонентів не перевищує значень ГДК і, під час руху за напрямком до с.Ходосіївка, знижується: від 517;0,9;0,17 та 0,23 до 441;0,5;0,0 та 0,16 мг/дм³, відповідно. Крім того, спостерігається зниження вмісту нітритів (зниження з 0,39 до 0,02 мг/дм³) та ОМЧ і колі-індексу (зниження від 2000 до 564 й від 3800 до 27 відповідно). Це свідчить про високий ступінь самоочищення вод струмка [10].

Проаналізувавши все вищезазначене, можна зробити висновок, що особливо небезпечний вплив полігону ТПВ на поверхневі води не спостерігається [10].

Підземні води. У гідротехнічному відношенні район розміщення полігону ТПВ відноситься до Дніпровсько-Донецької западини південно-західного крила Дніпровського артезіанського басейну. За поширенням і використанням підземних вод тут виділяють 16 районів четвертного порядку.

Досліджувана територія відноситься до району поширення і використання вод відкладень еоценового, меломанського і частково юрського періоду. Ця територія характеризується слабкою природною захищеністю, тому вплив полігону ТПВ на підземні води є значним [10].

Для визначення сили впливу полігону на підземні води було проведено еколого-експертну оцінку їхнього гідрохімічного стану.

Вона включала в себе [10]:

- Оцінку забруднення фільтратів цих вод (як джерела впливу);
- Оцінку забруднення підземних вод за допомогою методу біотестування (як об'єкта впливу);
- Оцінку гідрохімічного режиму;
- Результати математичного моделювання;
- Прогноз шляхів можливої міграції забруднюючих речовин від полігону ТПВ.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтраційними водами називають розчини, які формуються в тілі відходів, що складуються. Також цим поняттям називають води, які накопичуються в придамбових зонах полігону ТПВ у вигляді озер з вільною поверхнею.

За своїм хімічним складом розглянуті води відносяться до хлоридно-карбонатних кальцієво-амонійних відносно високо мінералізованих (їхня мінералізація знаходиться в межах 8,5-28,2 г/л) [10].

Для зимового періоду характерні низькі значення мінералізації й в основному для вод, які знаходяться в тілі полігона. Високі ж значення даного показника характерні для літнього періоду, причому для вод, які утворюються в придамбовій зоні [10].

За результатами дослідження було встановлено, що середовище фільтратних вод є різко відновлюваним (рН становить 7,6-8,4, а значення Eh (тобто окислювано-відновного потенціалу) становить 50-100 мВ).

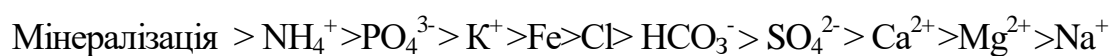
Значний дисбаланс між цими двома показниками вказує на невірноваженість даної системи, а різко відновлювана обстановка є вкрай несприятливою для міграції важких металів. Проте більшість важких металів та інших елементів переводиться в рухливу форму у вигляді органічних комплексів за допомогою розчиненої органічної речовини. Внаслідок цього вміст більшості макро- і мікроелементів значно перевищує кваркові і фонові значення у фільтратних водах [10].

За величиною мінералізації (вмісту Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+) фільтратні води перевищують показники, характерні для природного стану, в 100-9090 разів. З цього можна зробити висновок, що потрапляння навіть незначної кількості фільтратних вод до водоносного горизонту може викликати сильне забруднення вищеперерахованими елементами.

Стосовно таких макрокомпонентів як F, NO_2 , Ca, Na, Mg, HNO_3 можна сказати, що їхні значення перевищують встановлені норми тільки в десятки разів, тому їхній вплив на підземні води набагато слабший [10].

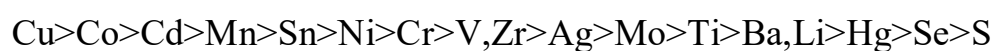
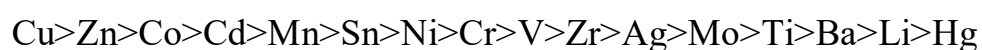
					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За величиною перевищення кларкових значень макрокомпоненти, які знаходяться в природних водах, можна представити у вигляді такого ряду концентрування [10]:



Цей ряд дозволяє зробити прогноз очікуваної міри впливу на поверхневі і підземні води полігону ТПВ.

Ряд концентрування для мікроелементного складу фільтратних вод може бути представлений так [10]:



Наведені вище дані дозволяють зробити висновок, що фільтратні води мають найбільш широкий спектр мікроелементів. Ці хімічні елементи можуть потрапляти в підземні і поверхневі води та виступати як їхні забруднювачі. Найбільш небезпечними в санітарно-гігієнічному відношенні є ртуть, свинець, нафтопродукти, хлор, барій, ортофосфати, літій, кобальт, нікель, цинк, кадмій, марганець, фенол, залізо, амоній, бром та інші [10].

Найбільш ймовірними забруднювачами, окрім вищенаведених елементів, є ще й берилій та сульфат іони, оскільки вони є найбільш рухливими речовинами у геохімічних умовах, які формуються.

При дослідженні гідрохімічної обстановки розглядають підземні води активної водойми, які залягають вище регіонального водо підпору (київських глин). Гідрохімічну обстановку оцінюють за результатами хімічного випробування джерел, колодязів і свердловин. Результати цих спостережень представлені у таблиці 1.6 [10].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Середні значення, інтервали та величини ГДК хімічних компонентів у водах полтавсько-харківського водоносного горизонту

№ п/п	Елемент	ГДК (мг/дм ³)	Інтервал зустрічних значень	Середнє значення
1.	Сухий залишок	1000	24-28172	14074
2.	Загальна жорсткість	7	1,1-75	36,95
3.	Окиснюваність	15	0,96-13400	6699,52
4.	Розчинений O ₂	>4	0,96-23,6	11,32
5.	БПК ₅ , мг O ₂ /л	3	0,4-35,2	17,4
6.	Li	0,03	0-0,01	0,005
7.	Pb	0,03	0-0,42	0,21
8.	Ni	0,1	0-1,5	0,75
9.	Нафтопродукти	0,3	10-11	10,5
10.	NH ₄	2	0,015-11,8	5,89
11.	NO ₃	45	0-12,2	6,1
12.	NO ₂	3,3	0-0,62	0,31
13.	Cl	250	5-6745	3370
14.	SO ₄	250	3-3050	1523,5
15.	Fe	0,3	0-214	107
16.	Zn	1(5)	0-19	9,5
17.	Cu	1	0,01-23	11,5
18.	F	0,7-1,5	0,2-0,88	0,43
19.	Cr	0,5	0-0,8	0,4

Значення величин вмісту хімічних елементів в підземних водах спостерігаються в основному в пробах, які були зібрані поблизу полігона ТПВ, нижче середніх — по периферії купола радіального розтікання підземних вод полігона ТПВ [10].

Для зимового періоду характерні низькі значення мінералізації й в основному для вод, які знаходяться в тілі полігона. Високі ж значення даного показника характерні для літнього періоду, причому для вод, які утворюються в придамбовій зоні [10].

За результатами дослідження було встановлено, що середовище фільтратних вод є різко відновлюваним (рН становить 7,6—8,4, а значення Eh (тобто окислювано-відновного потенціалу) становить 50-100 мВ).

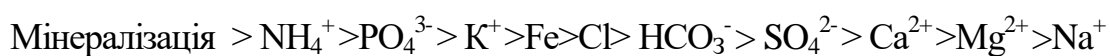
Значний дисбаланс між цими двома показниками вказує на невідновленість даної системи, а різко відновлювана обстановка є вкрай несприятливою для міграції важких металів. Проте більшість важких металів та інших елементів переводиться в рухливу форму у вигляді органічних комплексів за допомогою розчиненої органічної речовини. Внаслідок цього вміст більшості макро- і мікроелементів значно перевищує кваркові і фонові значення у фільтратних водах [10].

За величиною мінералізації (вмісту Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+) фільтратні води перевищують показники, характерні для природного стану, в 100-9090 разів. З цього можна зробити висновок, що потрапляння навіть незначної кількості фільтратних вод до водоносного горизонту може викликати сильне забруднення вищеперерахованими елементами.

Стосовно таких макрокомпонентів як F, NO_2 , Ca, Na, Mg, HNO_3 можна сказати, що їхні значення перевищують встановлені норми тільки в десятки разів, тому їхній вплив на підземні води набагато слабший [10].

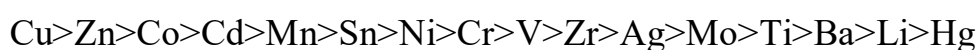
					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За величиною перевищення кларкових значень макрокомпоненти, які знаходяться в природних водах, можна представити у вигляді такого ряду концентрування [10]:



Цей ряд дозволяє зробити прогноз очікуваної міри впливу на поверхневі і підземні води полігону ТПВ.

Ряд концентрування для мікроелементного складу фільтратних вод може бути представлений так [10]:



Наведені вище дані дозволяють зробити висновок, що фільтратні води мають найбільш широкий спектр мікроелементів. Ці хімічні елементи можуть потрапляти в підземні і поверхневі води та виступати як їхні забруднювачі. Найбільш небезпечними в санітарно-гігієнічному відношенні є ртуть, свинець, нафтопродукти, хлор, барій, ортофосфати, літій, кобальт, нікель, цинк, кадмій, марганець, фенол, залізо, амоній, бром та інші [10].

Найбільш ймовірними забруднювачами, окрім вищенаведених елементів, є ще й берилій та сульфат іони, оскільки вони є найбільш рухливими речовинами у геохімічних умовах, які формуються

При дослідженні гідрохімічної обстановки розглядають підземні води активної водойми, які залягають вище регіонального водо підпору (київських глин). Гідрохімічну обстановку оцінюють за результатами хімічного випробування джерел, колодязів і свердловин. Результати цих спостережень представлені у таблиці 1.7 [10].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7 – Середні значення, інтервали та величини ГДК хімічних компонентів у водах полтавсько-харківського водоносного горизонту

№ п/п	Елемент	ГДК (мг/дм ³)	Інтервал зустрічних значень	Середнє значення
1.	Сухий залишок	1000	24-28172	14074
2.	Загальна жорсткість	7	1,1-75	36,95
3.	Окиснюваність	15	0,96-13400	6699,52
4.	Розчинений O ₂	>4	0,96-23,6	11,32
5.	БПК ₅ , мг O ₂ /л	3	0,4-35,2	17,4
6.	Li	0,03	0-0,01	0,005
7.	Pb	0,03	0-0,42	0,21
8.	Ni	0,1	0-1,5	0,75
9.	Нафтопродукти	0,3	10-11	10,5
10.	NH ₄	2	0,015-11,8	5,89
11.	NO ₃	45	0-12,2	6,1
12.	NO ₂	3,3	0-0,62	0,31
13.	Cl	250	5-6745	3370
14.	SO ₄	250	3-3050	1523,5
15.	Fe	0,3	0-214	107
16.	Zn	1(5)	0-19	9,5
17.	Cu	1	0,01-23	11,5
18.	F	0,7-1,5	0,2-0,88	0,43
19.	Cr	0,5	0-0,8	0,4

Значення величин вмісту хімічних елементів в підземних водах спостерігаються в основному в пробах, які були зібрані поблизу полігона ТПВ, нижче середніх — по периферії купола радіального розтікання підземних вод полігона ТПВ [10].

1.5.3 Забруднення ґрунту

Для визначення ступеню забруднення ґрунтового середовища Український науковий гігієнічний центр провів ряд досліджень. Дослідження проводилися за показниками бактеріального забруднення, вмісту важких металів та азотовмісних речовин [10].

Проби ґрунту відбиралися по створах, орієнтованих у бік с. Креничі та с. Підгірці, на відстані ста метрів, починаючи від границі полігона на відстані 7009 метрів від нього (за межами санітарно-захисної зони) [10].

Результати дослідження показали, що [10]:

- Вміст важких металів перебуває на рівні фону і полігон в існуючих природних та кліматичних умовах не чинить негативного впливу на їх нагромадження в ґрунтовому середовищі.

- Аміак і нітрати (азотовмісні речовини), як непрямі показники органічного забруднення, не чинять значного негативного впливу полігона на прилягаючу до полігона територію приблизно до 50 метрів. Вміст нітратного азоту становить 39-66 мг/кг сухого ґрунту, на іншій площі — 13,2-39,6 мг/кг.

Загалом можна сказати, що розглянуті елементи не представляють небезпеки органічного забруднення [10].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За санітарно-бактеріологічними показниками (титру лактозопозитивних кишкових паличок(ЛПК),титру бактерій групи кишкової палички (БГКП) і наявності кишкових паличок як індикатору свіжо фекального забруднення) виражений вплив полігона на ґрунтове середовища як у межах санітарно-захисної зони, так і за її межами відсутній. Санітарно-гельмінтологічні дослідження показали інтенсивне концентрування яєць геогельмінтів в ґрунті в радіусі 100м від границі полігона ТПВ: до 40 екз/кг для власоглава та до 80-120 екз/кг для аскариди.

По мірі віддалення від границі полігона кількість яєць аскариди знижується до 20-40 екз/кг, а власоглава (збудники трихоцефалеза) не були виявлені. Життєздатних форм збудників глистих інвазій в ґрунті 15-40% [10].

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що ґрунти в даній місцевості є сильно забрудненими, тому в межах санітарно захисної зони проведення будь якої сільськогосподарської діяльності, збір грибів та ягід, а також розташування дачних ділянок повинно бути заборонене. Результати всіх вищенаведених досліджень показано в таблицях 1.8-1.10 [10].

Таблиця 1.8 – Вміст важких металів в пробах ґрунту в районі полігону ТПВ

Місце відбору проб	Назва металів					
	Pb	Cu	Ni	Cr	Cd	%
Південно-східний напрям від полігона						
Границя полігону	7,6	19,1	2,9	15,2	0,26	29,6
50 м від полігону	4	14	2,4	14,4	0,2	36,8
100 м від полігону	4,7	10,1	11	19,1	0,92	43
300 м від полігону	4,6	10,7	15,9	20,9	0,28	73,6
500 м від полігону	3,9	10,6	6,9	16,9	0,22	82,5
700 м від полігону	3,9	10,2	2,3	18,1	0,26	19,9
Північно-західний напрям від полігона						
Границя полігону	3,4	10,9	26,4	12,6	0,16	22,8
50 м від полігону	4,6	9,9	16,3	23,3	0,36	13,8
100 м від полігону	4,6	7,4	15,3	17,3	0,12	19,9
300 м від полігону	4,2	8,7	13,2	16,4	0,22	47,4
500 м від полігону	3,8	8,1	4	13,2	0,18	57,1
700 м від полігону	5	11,7	6,3	13,2	0,22	13,2

Таблиця 1.9 – Показники азотовмісних речовин в районі полігона ТПВ

Місце відбору проб	Азот аміаку	Азот нітратів
Південно-східний напрям від полігона		
Границя полігону	20,4	33
50 м від полігону	36,96	15,4
100 м від полігону	24,64	19,8
200 м від полігону	17,64	19,8
300 м від полігону	36,96	55
400 м від полігону	18,76	15,4
500 м від полігону	29,68	39,6
600 м від полігону	12,6	37,4
700 м від полігону	37,24	19,8
Північно-західний напрям від полігона		
Границя полігону	23,24	66
50 м від полігону	19,04	39,6
100 м від полігону	33,32	15,4
200 м від полігону	26,6	15,4
300 м від полігону	21,56	15,4
400 м від полігону	32,76	13,2
500 м від полігону	31,08	15,4
600 м від полігону	20,44	15,4
700 м від полігону	24,64	15,4

Таблиця 1.10 – Санітарно-бактеріологічні ґрунту в районі полігона ТПВ

Місце відбору проб	Титри		Індекси		Наявність E Coli
	БГПК	ЛПК	БГПК	ЛПК	
Південно-східний напрям від полігону					
Границя полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.
100 м від полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.
300 м від полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.
500 м від полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.
700 м від полігону	0,001	0,001	2300000	2300000	відсутн.
Північно-західний напрям від полігону					
Границя полігону	1	1	2300	2300	відсутн.
100 м від полігону	0,01	1	238000	2300	відсутн.
300 м від полігону	1	1	2300	2300	відсутн.
500 м від полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.
700 м від полігону	0,1	1	23000	2300	відсутн.

1.5.4 Вплив на рослинний і тваринний світ

Істотний вплив на представників рослинного і тваринного світів відчувається лише в межах санітарно захисної зони. На зазначеній території забруднення повітря за вмістом специфічних інгредієнтів в 2-8 разів перевищує рівні ГДК, а ґрунти за вмістом геогельмінтозів відносять до сильно забруднених [10]. Варто зазначити, що звалищний газ згубно впливає на рослинний покрив. Під час його накопичення в поровому просторі ґрунтового покриву має місце асфіксія кореневої системи. Дане явище спостерігається регулярно навколо звалищних тіл.

Враховуючи те, що основні представники тваринного світу були витіснені при будівництві та експлуатації полігону ТПВ, значний негативний вплив на зазначений компонент природного середовища не очікується, проте варто зазначити, що на даному об'єкті скупчується велика кількість чайок, ворон та гризунів, з якими треба вести боротьбу, оскільки вони є переносниками хвороб [10].

Висновки до розділу 1

1. Розглянуто процес утворення і виділення біогазу.
2. Розглянуто труднощі, пов'язані з використанням біогазу з полігонів ТПВ.
3. Розглянуто систему збору біогазу на полігоні ТПВ.
4. Розглянуто схему полігону ТПВ №5 міста Києва.
5. Розглянуто місцевість, в якій розташовується полігон.
6. Розглянуто вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕННЯ В ҐРУНТ

Оцінка впливу технологічного процесу на навколишнє середовище залишається актуальною проблемою. Для вирішення даної проблеми створено багато робіт теоретичного та експериментального характеру. Завдяки сучасній електронно-обчислювальній техніці можна змодельовати будь який процес(у тому числі залежність між поширенням шкідливих речовин в навколишньому природному середовищі та геометричною конфігурацією тих областей,які потрібно дослідити) [11].

Накопичення,знешкодження та утилізація твердих побутових відходів не втрачає актуальності,оскільки щороку сміттеві полігони приймають тисячі тонн відходів,об'єм яких зростає з кожним роком. Звичайні ТПВ є джерелом розповсюдження в навколишньому середовищі великої кількості токсичних речовин,тому з метою прогнозування рівня їхнього впливу на нього важливим є розуміння самого процесу проникнення даних речовин в ґрунт,поверхневі та підземні води тощо. Математичне моделювання дозволить зробити даний процес можливим,оскільки є доволі точним методом [11].

В даному розділі буде проводитися моделювання процесу фільтрації забруднення в ґрунт. Для виконання поставленого завдання буде досліджуватися вплив полігонів твердих побутових відходів на навколишнє середовище. Мова ітиме про негативний вплив даного об'єкту на оточуюче середовище(в особливості на ґрунтового).

					03-52.2403.68.19					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання процесу фільтрації забруднення в ґрунт			Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Педаш									
Перевір.	Жукова Н.І.									
Реценз.	Звєвська Н.В.							КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		
Н. Контр.	Репін М.В.									
Затверд.	Ткачук К.К.									

В першу чергу, буде визначено хімічний склад забруднюючої речовини ТПВ та змодельовано процес потрапляння її в ґрунтове середовище. Далі вивчатиметься кінетика вертикальної міграції забруднення в поверхневому шарі різних типів ґрунтів при аварійному їх викиді на прикладі дизельного палива, оскільки окрім самого фільтрату на полігоні ТПВ загрозою є також генератор, який забезпечує електричною енергією весь об'єкт і який може працювати на дизельному паливі. Крім того, будуть вказані наслідки забруднення токсичною речовиною. В кінці буде запропоновано математичну модель для даного процесу та запропоновано методику її розрахунку.

2.1 Об'єкт моделювання

Об'єктом моделювання в даному розділі виступає біогаз. Як зазначалося в розділі 1, ним є суміш метану, вуглекислого газу, діоксиду азоту, оксиду вуглецю, сірководню та інших хімічних речовин, який утворюється в тілі полігону внаслідок протікання такого процесу як анаеробна ферментизація.

2.2 Дослідження середовища

Перед тим як розпочати моделювання даного процесу, необхідно дослідити саме середовище, в яке дане забруднення потрапляє. Ним є ґрунт, гранулометричний склад і фізико-хімічні показники якого визначені за загальними методиками. Гранулометричний склад визначено методом піпетки; суму увібраних основ за Каппеном-Гільковцем; гідролітичну кислотність за Каппеном; рН сольове-потенціометрично (на рН-метрі); гумус — з використанням фото колориметричного методу; ступінь насичення основи визначено математично.

Результати досліджень наведено в таблицях 2.1 та 2.2 [12].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2. 1 – Фізико-хімічні показники ґрунтів

Тип ґрунту	Гумус, %	pH сольове	Hr, мг- екв./100	S, мг/100г	V, %
Дерновий глибокий піщано-глинистий	3,3	6,5	0,61	22,5	97,4
Дерновий глинисто- піщаний	2,6	6,1	0,18	12,6	98,6
Сірий лісовий	2,6	5,2	2,89	10,6	78,5
Бурий лісовий	3,1	4,8	3,06	9,2	75,0

Таблиця 2.2 – Гранулометричний склад ґрунтів

Розмір частинок, мм	Складова ґрунту	Тип ґрунту			
		Дерновий глибокий піщано- глинистий	Дерновий глинисто- піщаний	Сірий лісовий	Бурий лісовий
0-0,25	Пісок крупний	37,21	10,41	18,45	1,44
0,25-0,05	Пісок дрібний	17,40	20,07	12,26	30,81
0,05-0,01	Пил крупний	26,42	35,46	46,44	22,45
0,01-0,005	Пил середній	8,33	11,63	10,75	11,70
0,05-0,001	Пил дрібний	4,18	11,75	9,17	11,85
Менше 0,001	Мулиста	6,46	10,68	16,93	15,75
Сума менше 0,01	Фізична глина	18,97	33,06	32,85	46,30

Кінетика міграції забруднення. В даній роботі також вивчалася кінетика вертикальної міграції забруднення на прикладі дизельного палива. Це проводилося за наступною методикою: ґрунт висотою 20 см засипали в скляну трубку. На поверхню ґрунту виливався одноразово нафтопродукт (товщина шару 5 см). Час проникнення нафтопродукту в кожний сантиметр ґрунту фіксували за допомогою секундоміра. В даному випадку для дослідження було використано дизельне паливо коксування густиною 865 кг/м^3 [12].

За результатами дослідження було визначено максимальний час вертикальної міграції забруднення(дизельного палива) крізь товщу досліджуваних типів ґрунтів. Найдовше міграція проходила в бурому лісовому ґрунті (53 хв.),трохи швидше в сірому лісовому(36 хв.),а у дерновому глинисто-піщаному – 11 хв. Найбільш швидко даний процес проходив у дерновому глибокому піщано-глинистому ґрунті (9 хв.). Також показано зміну концентрації забруднення в часі для різних відстаней від зони проникнення шкідливої речовини [12].

Дана зміна наведена на рисунку 2.1 [13].

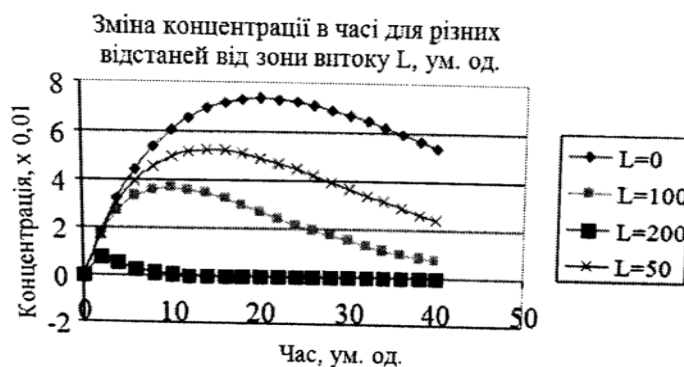


Рисунок 2.1 – Зміна концентрації в часі для різних відстаней від зони витoku

2.3 Наслідки забруднення токсичною речовиною

Дизельне паливо відноситься до нафтопродуктів і є доволі небезпечною речовиною для навколишнього середовища. При забрудненні ґрунту вуглеводнями порушується його водно-повітряний режим та підвищується гідрофобність даного середовища. Крім того, у такому ґрунтовому середовищі збільшується кількість фітотоксичних форм мікроорганізмів, внаслідок чого має місце негативний вплив на видове різноманіття рослин та на їхній ріст і розвиток [14].

2.4 Процес, що моделюється, і математична модель даного процесу

Процес, що моделюється, є ймовірнісним (його важко передбачити), нестационарним (відбувається зміна ряду параметрів, а саме глибини проникнення, часу проникнення та концентрації забруднення), нелінійним (компоненти процесу, що розглядаються, залежать один від одного), дисипативним (дизельне паливо проникає в ґрунтове середовище, насичуючи його токсичними речовинами) [15].

На основі всього цього, для моделювання процесу доцільно обрати математичну модель з використанням тривимірних параболічних рівнянь. Дана модель є вдалим вибором, оскільки вона описує нестационарний процес, дає можливість одержати адекватний реальній фізичній картині розв'язок і дозволяє моделювати процеси в областях типу кубу та аварійного викиду [15].

2.5 Аналіз моделі

В даному випадку розглядаємо модельну задачу дифузії речовин в тривимірній області G . Ця область моделює конфігурацію об'єкта, що досліджується. В даній моделі основним рівнянням є рівняння дифузії в області, яка представляє собою тривимірне параболічне рівняння, що описує нестационарний процес [16]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(x, y, z, t) \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a(x, y, z, t) \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(a(x, y, z, t) \frac{\partial c}{\partial z} \right) \quad (2.1)$$

де c - концентрація речовин;

$a(x, y, z, t)$ – коефіцієнт дифузії (залежить від часу t та просторових координат x, y, z).

					ОЗ-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановимо для рівняння (1) граничні (2) та початкові (3) умови [15]:

$$C|_{\partial G} = C(t) \quad (2.2)$$

$$C|_{t=0} = C(x, y, z) \quad (2.3)$$

Загальна постановка (1)-(3) дає можливість отримати адекватний реальній фізичній картині розв'язок для відносно простих конфігурацій області G та найбільш простих типів початкових та граничних умов. Також дана система дозволяє моделювати процеси в областях типу кубу :

$$0 < x < L_x; 0 < y < L_y; 0 < z < L_z \quad (2.4)$$

де L_x, L_y, L_z , – характерні розміри області.

При моделюванні аварійної ситуації рівняння (1) записується в циліндричній системі координат [16]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = a^2 \left[\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 c}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right] + Q(r, \phi, z, t) \quad (2.5)$$

де r, ϕ, z – циліндричні координати,

t – час,

a^2 – коефіцієнт дифузії ($a^2 = \text{const}$),

$Q(r, \phi, z, t)$ – питома інтенсивність надходження речовини в досліджувану область, що характеризується концентрацією $Q(r, \phi, z, t)$.

В такому випадку граничні умови [16]:

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C \Big|_{r=Rt} = f_1(\Phi, z, t) \quad (2.6)$$

$$C \Big|_{z=z_1} = Cf_2(r, \Phi), \quad (2.7)$$

$$C \Big|_{z=z_2} = Cf_3(r, \Phi, t), \quad (2.8)$$

Методи розв'язку:

Рівняння (2.1) допускає частковий розв'язок виду [16]:

$$C(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{t^3}} e^{-(x^2 + y^2 + z^2)/4a^2 t}, \quad (2.9)$$

Цей розв'язок, як правило, не враховує умови (2) та (3). При побудові чисельного методу тут методом скінчених різниць використовують неявні методи змінних напрямків. При узагальненні на тривимірний випадок різницева схема лиш умовно стійка і має похибку апроксимації. Для того, щоб обійти цю проблему, пропонують використовувати загальний метод побудови неявних схем змінних напрямків, які мають другий порядок точності і є безумовно стійкими [16].

При застосуванні цього методу можливо узагальнити схему Кранкла-Ніколсона на випадок тривимірного рівняння дифузії.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Введемо позначення [16]:

$$C(x_i, y_i, z_k, t_n) = U_{i,j,k}^n, \quad (3.10)$$

$$\delta_x^2 U_{i,j,k}^n = (U_{i+1,j,k}^n - 2U_{i,j,k}^n + U_{i-1,j,k}^n) / h_x^2, \quad (3.11)$$

$$\delta_y^2 U_{i,j,k}^n = (U_{i,j+1,k}^n - 2U_{i,j,k}^n + U_{i,j-1,k}^n) / h_y^2, \quad (3.12)$$

$$\delta_z^2 U_{i,j,k+1}^n = (U_{i,j,k+1}^n - 2U_{i,j,k}^n + U_{i,j,k-1}^n) / h_z^2, \quad (3.13)$$

де h_x^2, h_y^2, h_z^2 – кроки по відповідних координатах.

При умові, що $\Delta t = \tau$ (крок по часу), виникла така три крокова схема [16]:

Крок 1:

$$U^* - U^n = \frac{\tau a^2}{2} \delta_x^2 (U^* + U^n) + \frac{\tau a^2}{2} \delta_y^2 U^n + \frac{\tau a^2}{2} \delta_z^2 U^n \quad (3.14)$$

Крок 2 :

$$U^{**} - U^n = \frac{\tau a^2}{2} \delta_x^2 (U^* + U^n) + \frac{\tau a^2}{2} \delta_y^2 (U^{**} + U^n) + \frac{\tau a^2}{2} \delta_z^2 U^n \quad (3.15)$$

Крок 3:

$$U^{n+1} - U^n = \frac{\tau a^2}{2} \delta_x^2 (U^* + U^n) + \frac{\tau a^2}{2} \delta_y^2 (U^{**} + U^n) + \frac{\tau a^2}{2} \delta_z^2 (U^{n+1} + U^n) \quad (3.16)$$

Тут * та ** – проміжні значення,

n та $n+1$ – кроки по часу;

i, j, k – індекси (вони опущені в усіх членах рівнянь) [16].

При розв'язку даної задачі для двовимірного простору область G замінюється на [13]:

$$V = (x, y); 0 \leq x \leq L_1; 0 \leq y \leq L_2 \quad (3.17)$$

Тоді рівняння (3.1) набуває вигляду [16]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(x, y, z, t) \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a(x, y, z, t) \frac{\partial c}{\partial y} \right) \quad (3.18)$$

Задаємо в області (16) концентрацію шкідливих речовин [16]:

$$C \Big|_{x=0} = C_1(y, t);$$

$$C \Big|_{x=L_1} = C_2(y, t);$$

$$C \Big|_{y=0} = C_3(x, t);$$

$$C \Big|_{y=L_2} = C_4(x, t),$$

(3.19)

Вказані початкові умови модельні, зокрема C_1 , може бути функцією x та y .
Для моделювання випадків задаються граничні умови [16]:

$$C_{y=0} = C_1 / (Kt^2 + 1) \quad (3.20)$$

де C_1 – початкова концентрація, K – коефіцієнт, який моделює інтенсивність хімічних реакцій, пов'язаних зі збільшенням концентрації контрольованої речовини.

В даному випадку схема розв'язку стає двокроковою [16]:

Крок 1:

$$(U_{i,j}^{n+1/2} - U_{i,j}^n) / (\tau/2) = a^2 \delta_x^2 U_{i,j}^{n+1/2} + a^2 \delta_y^2 U_{i,j}^n \quad (3.21)$$

Крок 2 :

$$(U_{i,j}^{n+1} - U_{i,j}^{n+1/2}) / (\tau/2) = a^2 \delta_x^2 U_{i,j}^{n+1/2} + a^2 \delta_y^2 U_{i,j}^{n+1/2} \quad (3.22)$$

Замість коефіцієнта a можна підрахувати ефективний коефіцієнт дифузії, який визначається для суміші речовин, яка складається з N компонентів [16]:

$$D = (1 - x_a) / \left(\sum_{j=1}^N \frac{x_j}{D_{aj}} \right), \quad (3.23)$$

де x_a, x_j – молярні частки речовини, що проникає в середовище та j -ої компоненти комбінованого середовища;

D_{aj} – коефіцієнт бінарної дифузії компонента a в середовищі j .

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

1. Було розглянуто об'єкт моделювання.
2. Було досліджено середовище, в яке потрапляє забруднююча речовина.
3. Було вказано наслідки забруднення токсичною речовиною.
4. Було проаналізовано процес, що моделюється.
5. Було проаналізовано модель процесу.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ ТА КНР

3.1 Біогазові технології як вирішення проблеми енергетичної залежності

Розвиток виробництва біогазу є перспективним напрямом, оскільки він дозволить частково вирішити проблему залежності України від імпорту енергоносіїв. Використання біогазу дає можливість зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище, зберегти природні ресурси за рахунок переробки відходів переробних галузей агропромислового комплексу, відновлювальної сільськогосподарської сировини та побутового сміття [17].

Як сировину для виробництва біогазу можна використовувати комунальні відходи та будь-який біологічний продукт: відходи землеробства (кукурудзяний силос, листя, солома, картопляне і бурякове бадилля), агропромислові відходи (очистки овочів та фруктів, відходи виробництва спирту, кукурудзяна та яблучна барда), органічні добрива (змивка від тварин, птишиний послід, гній), відходи від забою свійських тварин.

Україна має значний потенціал для виробництва біогазу.

Його використання дозволить забезпечити 4-7% річних енергетичних потреб держави [17].

					03-52.2403.68.19						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Біогазові технології в Україні та КНР	Лім.		Лист		Листів	
Розроб.	Педаш										
Перевір.	Жукова Н.І.										
Реценз.	Звєвська Н.В.					КПІ ім.Ігоря Сікорського					
Н. Контр.	Репін М.В.										
Затверд.	Ткачук К.К.										

Розвиток біогазових технологій дозволить реалізувати такі можливості як [17]:

- створення екологічно чистого сільського господарства;
- використання біогазу для потреб сільськогосподарського транспорту;
- створення спеціалізованих установок для анаеробної переробки з використанням сучасних досягнень;
- впровадження технологій збагачення біогазу для подальшого його використання у паливних елементах;
- автоматизування процесів виробництва енергії із сільськогосподарської біомаси;
- використання процесу сухої ферментації;
- посилення якості і контролю переробки біогазу;
- інтегрування процесів розподілу тепла і газу.

На даний момент в Україні введені в експлуатацію і знаходяться на стадії завершення будівництва 7 об'єктів із виробництва біогазу. Біогазові установки працюють на полігонах твердих побутових відходів у Маріуполі, Львові, Києві, Кременчуці. Бортницька станція очищення стічних вод міста Києва також має біогазову установку [17].

3.2 Розвиток біогазових технологій в КНР

В Китайській Народній Республіці на державному рівні утилізації органічних відходів приділяється значна увага з метою збереження землі, води та повітря при умовах значної чисельності населення (1,3 млрд.) та щільності його розташування. КНР в світовому виробництві багатьох промислових та сільськогосподарських товарів є лідером.

КНР не володіє достатньо великою кількістю вільних земельних ділянок, на яких було б можливо розташування полігонів побутових та промислових відходів.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому переробка відходів для китайської держави є актуальною проблемою [18].

Біогазові технології для конверсії пташиного посліду, гною, відходів людини, відходів лісових та сільськогосподарських підприємств, твердих побутових відходів, мулу аераційних станцій, в біогаз, добрива та інші цінні продукти є одним з основних напрямків переробки відходів.

Значне збільшення впровадження біогазових установок спостерігається в різних галузях промисловості КНР. Станом на 2015 рік кількість біогазових установок в Китаї дорівнює 43 млн. В КНР на біогазових установках виробляється 13,78 млрд. м³ біогазу щорічно. Значну кількість біогазових установок розміщено біля житлових будинків для отримання біогазу для виробництва гарячої води, освітлення і для газових пічок.

Існують чотири основних типи біогазових установок [18]:

- для домашнього господарства (об'ємом біогазового реактора $V = 2 - 5 \text{ м}^3$);
- малого промислового використання ($V < 20 \text{ м}^3$);
- середнього промислового використання ($150 - 500 \text{ м}^3$);
- великого промислового використання ($V > 500 \text{ м}^3$).

В промисловості КНР діє 86 236 малих, 10 087 середніх та 6 370 великих біогазових установок [18].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Установки для виробництва біогазу

В якості біогазової установки для виробництва біогазу можна запропонувати ферментатор корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL [18].

Ферментатор корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL з пластику

Висота ферментатора - 2,4 м, діаметр - 2,32 м. Полімерний матеріал SMC (45 % карбонату кальцію, 25 % смола, 25 % армоване скло та 5 % інше). Вага нижньої частини - 77 кг, верхньої – 67 кг. Повна вага з додатковими частинами – 200 кг. Товщина стінки – 5 мм. Вартість \$500. Виробництво біогазу – 9 м³/добу (3285 м³/рік).

Об'єм ферментатора – 8 м³. (6*8=48 м³). Виготовляється 220 ферментаторів за добу (77 000 ферментаторів/рік).

Строк окупності проекту розраховується за формулою [19]:

$$PBP = \frac{\Pi}{ACI} \quad (3.1)$$

де Π – сума інвестицій (витрат); ACI – щорічні надходження.

$$PBP = \frac{2600000}{735840} = 3,5 \text{ року}$$

Схема даного апарату наведена на рисунку 3.1 [18]:

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Потенціал використання біовідходів для вироблення біогазу в КНР становить 1,452 млрд. т/рік з виробництвом 141 млрд. м³біогазу/рік, що еквівалентно 44 % всього споживання природного газу, або 100 млн. т енергетичного вугілля зі зменшенням викидів CO₂ на 8 %.

До 2030 р. на біогазових установках заплановано виробити 400 млн. т добрив та 3,8 млрд. т вододобірної суспензії (еквівалент 10 млн. т хімічних добрив).

Таким чином, біогазові установки в 2030 р. Повинні забезпечити 17 % усіх потреб в добривах КНР [18].

В цілому, можна зробити висновок, що термін окупності ферментатора є прийнятним (3,5 роки), тому його використання є вигідним та перспективним.

Висновки до розділу 3

1. Було розглянуто можливості, які дозволить реалізувати розвиток біогазових технологій в Україні.

2. Було розглянуто розвиток біогазових технологій в Китайській Народній Республіці.

3. Було запропоновано використання обладнання для виробництва корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL .

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

4.1 Розрахунок параметрів полігону

З метою визначення кількості біогазу в першу чергу необхідно розрахувати проектну місткість полігону ТПВ, на якому він утворюється.

Проектну місткість полігону визначають за формулою 4.1 [20]:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{P \cdot H}{K_1 \cdot K_2 \cdot T} + \Pi \cdot T \cdot K_2, \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

де E_1 – місткість полігона за прийманням відходів, метри кубічні.

E_2 – місткість полігона за прийманням інших відходів, метри кубічні.

P – середня питома норма накопичення відходів за рік, $\text{м}^3/(\text{чол.} \times \text{рік})$.

H – розрахункова кількість населення, яке створює побутові відходи, чол.

Π – середнє надходження на полігон інших слаботоксичних (у тому числі промислових) відходів за рік, $\text{м}^3/\text{рік}$.

T – період експлуатації полігону, який приймається в розрахунок, роки.

K_1 – коефіцієнт ущільнення відходів в процесі експлуатації об'єкту за весь розрахунковий період експлуатації T .

K_2 – коефіцієнт об'єму ізолюючих шарів ґрунту.

Значення розрахункового періоду експлуатації полігону приймається у межах від 15 років. В такому випадку буде виправдано будівництво споруд, які забезпечують санітарно-гігієнічні умови праці для періоду експлуатації та будівництво до об'єкту покращеної дороги, яка зберігає автомобільну техніку.

03-52.2403.68.19

					03-52.2403.68.19							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Еколого-економічна ефективність запропонованих заходів				Літ.		Лист	Листів
Розроб.	Педаш											
Перевір.	Жукова Н.І.											
Реценз.	Звєвська Н.В.								КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ			
Н. Контр.	Репін М.В.											
Затверд.	Ткачук К.К.											

Сам розрахунковий період розбивають на черги: перша черга (включаючи пусковий комплекс), друга, третя і так далі [20].

Середньорічна питома норма накопичення відходів приймається диференційованого по чергах. Якщо відсутній науково обґрунтований прогноз для населеного пункту (міста), то зростання об'ємної норми приймається в межах 4% на рік.

Коефіцієнт K_1 залежить від таких факторів [20] :

- щільність відходів в місцях збору;
- вид техніки, яка використовується на полігоні;
- проектна висота складування відходів.

Для орієнтовного розрахунку високо навантажувального полігону значення K_1 приймається рівним 4,5 [20].

За допомогою коефіцієнта K_2 враховується об'єм ґрунту, який використовують для проміжної (щодобової) та кінцевої ізоляції поверхні полігону ТПВ. Для орієнтовного розрахунку приймається, що ґрунт для обох видів ізоляції займатиме 15% товщі ґрунту. В такому випадку коефіцієнт K_2 дорівнюватиме 1,15.

Потреби необхідної кількості ґрунту для ущільнення відходів на певній площі полігону наведені на рисунку 4.1 [20].

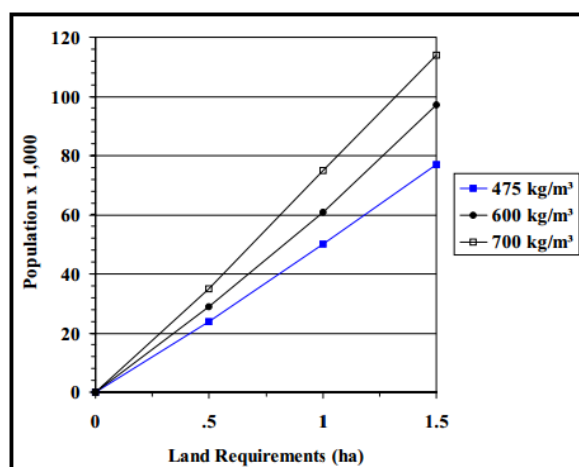


Рис.4.1 – Необхідна кількості ґрунту для ущільнення на площі полігону ТПВ

Визначення вологості полігону за сезонами. Вологість визначається окремо для весни та осені.

Вологість відходів для весни визначається за формулою 4.2 [20]:

$$B_1 = 26\Pi_{\text{п}} + 70\Pi_{\text{х.в.}} + 7(1 - \Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{х.в.}}),\% \quad (4.2)$$

де $\Pi_{\text{п}}$ – масова доля паперу у ТПВ, %.

$\Pi_{\text{х.в.}}$ – масова доля харчових відходів у ТПВ, %.

26 – усереднена вологість паперу, %.

70 – усереднена вологість харчових відходів, %.

7 – усереднена вологість інших складових ТПВ, %.

Вологість відходів для осені визначають за формулою 4.3 [20]:

$$B_2 = 50\Pi_{\text{п}} + 92\Pi_{\text{х.в.}} + 20(1 - \Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{х.в.}}),\% \quad (4.3)$$

де $\Pi_{\text{п}}$ – масова доля паперу у ТПВ, %.

$\Pi_{\text{х.в.}}$ – масова доля харчових відходів у ТПВ, %.

50 – усереднена вологість паперу, %.

92 – усереднена вологість харчових відходів, %.

20 – усереднена вологість інших складових ТПВ, %.

Розрахунок кількості біогазу.

Розрахунок кількості біогазу проводиться за низкою формул [20].

На першому етапі визначають питомий вихід біогазу за формулою 4.4 [20]:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot R \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34 \cdot Б) e^{\frac{0,7}{w}} \quad (4.4)$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_w – питомий вихід біогазу, кг/кг.

B – вміст білкових речовин в органічних відходах, %.

J – вміст жироподібних речовин в органічних відходах, %.

Y – вміст вуглеподібних речовин в органічних відходах, %.

R – вміст органіки у відходах, %.

W – середнє значення вологості відходів, %.

На наступному етапі визначають час повного гниття органіки, яка міститься у відходах. Значення даної величини розраховується за формулою 4.5 [20]:

$$t_{\text{гн}} = \frac{10248}{T_{\text{тепл}}(t_{\text{ср.тепл}})^{0,301966}}, \quad (4.5)$$

де $t_{\text{гн}}$ – період повного гниття органіки, років.

$t_{\text{ср.тепл.}}$ – середня температура повітря в районі об'єкту за теплий період. Приймається рівною 15°C.

$T_{\text{тепл}}$ – тривалість теплового періоду в районі об'єкту. Приймається рівною 175 дням.

Наступний етап передбачає розрахунок кількісного виходу біогазу за рік. Розрахунок проводиться за формулою 4.6 [20]:

$$P_{\text{пит}} = \frac{Q_w}{t_{\text{гн}}} \cdot 10^3 \quad (4.6)$$

де $P_{\text{пит}}$ – питомий вихід біогазу, кг/т.

Q_w – питомий вихід біогазу, кг/кг.

$t_{\text{гн}}$ – період повного гниття органіки, років.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі розраховується значення густини біогазу. Дана величина вимірюється у кг/м^3 і розрахунок її значення проводиться за формулою 4.7 [20]:

$$\rho_{\text{б.г.}} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i \quad (4.7)$$

де C_i - середні концентрації компонентів біогазу, мг/м^3 .

Значення вмісту кожного компоненту біогазу береться з таблиці 4.1 [20].

Таблиця 4.1— Частка хімічних елементів у складі біогазу

Компонент	$C_i, \text{мг/м}^3$
Метан	660908
Вуглецю діоксид	558958
Толуол	9029
Аміак	6659
Ксилол	5530
Оксид вуглецю	3148
Діоксин азоту	1392
Формальдегід	1204
Етилбензол	1191
Ангідрид сірчистий	878
Сірководень	326

Наступним етапом є розрахунок вагового відсоткового вмісту кожного компоненту біогазу. Дані величини вимірюються у відсотках і розраховуються за формулою 4.8 [20]:

$$C_{\text{ваг.і}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_{\text{б.г}}} \quad (4.8)$$

де $C_{\text{ваг.і}}$ — вміст і-того компонента в біогазі, %.

C_i — середня концентрація компонента біогазу, мг/м³.

$\rho_{\text{б.г.}}$ — густина біогазу, кг/м³.

Далі визначають питомі маси компонентів. Ці величини вимірюються у кг/т і розраховуються за формулою 4.9 [20]:

$$P_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{ваг.і}} \cdot P_{\text{пит}}}{\rho_{\text{б.г}}} \quad (4.9)$$

де $C_{\text{ваг.і}}$ — вміст і-того компонента в біогазі, %.

$P_{\text{пит}}$ — питомий вихід біогазу, кг/т.

$\rho_{\text{б.г.}}$ — густина біогазу, кг/м³.

Наступним етапом є визначення кількості відходів, які були завезені на полігон за період його експлуатації. Дана величина вимірюється в тоннах і розраховується за формулою 4.10 [20]:

$$D = (\text{термін експлуатації} - 2) \times \text{річна кількість ТПВ} \quad (4.10)$$

Після визначення кількості відходів проводять розрахунок максимально-разових та валових викидів забруднюючих речовин. Ці величини розраховуються для кожного компонента окремо, вимірюються у г/с та т/рік відповідно і розраховуються за формулами 4.11 та 4.12 [20].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок максимально-разового викиду шкідливої речовини [18]:

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{пит.}} \cdot \sum D}{T_{\text{тепл}} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3, \quad (4.11)$$

де $P_{\text{пит}}$ – питомий вихід біогазу, кг/т.

$T_{\text{тепл}}$ – тривалість теплового періоду в районі об'єкту. Приймається рівною 175 дням [20].

D – кількість відходів на полігоні ТПВ, тонн.

Розрахунок валового викиду шкідливої речовини [20]:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left[\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right] \cdot 10^{-6} \quad (4.12)$$

де a – кількість місяців теплового періоду. Теплим періодом вважаються місяці з температурою більше 8 °С. Ця величина приймається рівною 5 місяцям.

b – кількість місяців холодного періоду. Холодним вважається період з температурою від 0 до 8 °С. Дана величина приймається рівною 3 місяцям.

Кінцевим етапом є розрахунок об'єму біогазу, який можна зібрати з відходів протягом року системою збору звалищного газу з урахуванням непередбачуваних обставин. Об'єм такого біогазу розраховується за формулою 4.13 [20]:

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

(4.13)

$$V_{\theta} = P_{\text{заг.}} \cdot K_c \cdot (1 - K);$$

де K – коефіцієнт, який враховує непередбачувані обставини. Дана величина знаходиться в діапазоні 0,2-0,4.

K_c – коефіцієнт ефективності збору біогазу.

$P_{\text{заг}}$ – загальнорічна кількість відходів, м³/рік.

Наведемо приклад розрахунку вищезазначених параметрів. Вихідні дані візьмемо з таблиць 4.2 і 4.3 [20].

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку параметрів полігону

Черга експл.	Н, населення, тис.чол.	Р, м ³ /чол.рік	Р _н , тис.м ³ /рік	П, тис.м ³ /рік	П _п , %	П _{х.в.} , %	Р _{ТПВ} , тис.т
3	16	1,21	325	115	30	25	2500

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку полігону ТПВ

Р, %	Ж, %	У, %	Б, %	W, %	K_c	K
67	1	79	10	43	0,3	0,32

Середню температуру повітря в районі полігону за теплий період року прийняти рівною 15 °С; тривалість теплового періоду року – 175 днів; кількість місяців теплового періоду – 5 місяців; кількість місяців холодного періоду – 3 місяці. Коефіцієнт ефективності збору біогазу – 0,6; коефіцієнт, який враховує непередбачувані обставини – 0,23. Кількість ТПВ, яку завозять на розрахункову ділянку полігону в рік – 90 тис. тонн, рік початку експлуатації полігону – 1986 рік, [18] розрахунковий рік – 2019 рік.

1. Проектна місткість полігону:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{P \cdot H}{K_1 \cdot K_2 \cdot T} + \Pi \cdot T \cdot K_2$$

$$E = \frac{1,21 \cdot 16000}{4,5 \cdot 1,15 \cdot 33} + 115 \cdot 51 \cdot 1,15 = 113,37 + 6744,75 = 6858,12 \text{ м}^3.$$

2. Вологість відходів:

- для весни:

$$B_1 = 26\Pi_{\Pi} + 70\Pi_{\text{х.в.}} + 7(1 - \Pi_{\Pi} - \Pi_{\text{х.в.}})$$

$$B_1 = 26 \cdot 0,3 + 70 \cdot 0,25 + 7(1 - 0,3 - 0,25) = 7,8 + 17,5 + 3,15 = 28,45 \text{ \%}.$$

- для осені:

$$B_2 = 50\Pi_{\Pi} + 92\Pi_{\text{х.в.}} + 20(1 - \Pi_{\Pi} - \Pi_{\text{х.в.}})$$

$$B_2 = 50 \cdot 0,3 + 92 \cdot 0,25 + 20(1 - 0,3 - 0,25) = 15 + 23 + 9 = 47 \text{ \%}.$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Питомий вихід біогазу:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot R \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34 \cdot Б) e^{\frac{0,7}{w}}$$

$$Q_w = 10^{-6} \cdot 67 \cdot (0,92 \cdot 1 + 0,62 \cdot 79 + 0,34 \cdot 10) e^{\frac{0,7}{43}}$$

$$Q_w = 10^{-6} \cdot 67 \cdot (0,92 + 48,98 + 3,4) \cdot 1,02 = 10^{-6} \cdot 3571,1 \cdot 1,02 = 0,0036 \text{ кг/кг.}$$

4. Час повного гниття органіки:

$$t_{\text{гн}} = \frac{10248}{T_{\text{тепл}} (t_{\text{ср.тепл}})^{0,301966}}$$

$$t_{\text{гн}} = \frac{10248}{175 \cdot 15^{0,301966}} = 25,8 \text{ (років).}$$

5. Кількісний вихід біогазу за рік:

$$P_{\text{пит}} = \frac{Q_w}{t_{\text{гн}}} \cdot 10^3,$$

$$P_{\text{пит}} (0,0036/25,8) \cdot 10^3 = 1,39 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 = 0,139 \text{ кг/т.}$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Густина біогазу:

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i ,$$

$$P_{б.г.} = 10^{-6} * (660908 + 558958 + 9029 + 6659 + 5530 + 3148 + 1392 + 1204 + 1191 + 878 + 326) = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

7. Ваговий відсотковий вміст компонентів:

$$C_{ваг.i} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_{б.г.}}$$

$$C_{ваг.i}(\text{CH}_4) = (660908 / 1,2) * 10^{-4} = 550756,66 * 10^{-4} = 55,1 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{CO}_2) = (558958 / 1,2) * 10^{-4} = 465798,33 * 10^{-4} = 46,6 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{толуол}) = (9029 / 1,2) * 10^{-4} = 7524,17 * 10^{-4} = 0,75 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{NH}_3) = (6659 / 1,2) * 10^{-4} = 5549,17 * 10^{-4} = 0,56 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{ксилол}) = (5530 / 1,2) * 10^{-4} = 4608,33 * 10^{-4} = 0,46 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{CO}) = (3148 / 1,2) * 10^{-4} = 2623,33 * 10^{-4} = 0,26 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{NO}_2) = (1392 / 1,2) * 10^{-4} = 1160 * 10^{-4} = 0,116 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{формальдегід}) = (1204 / 1,2) * 10^{-4} = 1003,33 * 10^{-4} = 0,1 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{етилбензол}) = (1191 / 1,2) * 10^{-4} = 992,5 * 10^{-4} = 0,0993 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{ангідрид сірчистий}) = (878 / 1,2) * 10^{-4} = 731,67 * 10^{-4} = 0,073 \text{ \%};$$

$$C_{ваг.i}(\text{H}_2\text{S}) = (326 / 1,2) * 10^{-4} = 271,67 * 10^{-4} = 0,027 \text{ \%}.$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Питомі маси компонентів:

$$P_{уд} = \frac{C_{ваг} \cdot P_{пит}}{\rho_{б.г}},$$

$$P_{уд} (CH_4) = (55,1 \cdot 0,139) / 1,2 = 7,66 / 1,2 = 6,38 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (CO_2) = (46,6 \cdot 0,139) / 1,2 = 6,48 / 1,2 = 5,4 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд}(\text{толуол}) = (0,75 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,1 / 1,2 = 0,08 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд}(NH_3) = (0,56 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,08 / 1,2 = 0,06 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд}(\text{ксилол}) = (0,46 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,064 / 1,2 = 0,05 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (CO) = (0,26 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,036 / 1,2 = 0,03 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (NO_2) = (0,116 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,016 / 1,2 = 0,013 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (\text{формальдегід}) = (0,1 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,0139 / 1,2 = 0,012 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (\text{етилбензол}) = (0,0993 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,014 / 1,2 = 0,01 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (\text{ангідрид сірчистий}) = (0,073 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,01 / 1,2 = 0,008 \text{ кг/т};$$

$$P_{уд} (H_2S) = (0,027 \cdot 0,139) / 1,2 = 0,004 / 1,2 = 0,003 \text{ кг/т}.$$

9. Кількість відходів, які були завезені на полігон під час експлуатації:

$$D = (\text{термін експлуатації} - 2) \cdot \text{річна кількість ТПВ}$$

$$D = (33 - 2) \cdot 90\,000 = 2\,790\,000 \text{ т}.$$

10. Максимально-разові та валові викиди забруднюючих речовин:

- максимально-разові:

$$M_{сум} = \frac{P_{пит.} \cdot \sum D}{T_{тепл} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3,$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{сум}} = \frac{0,139 \cdot 2790000}{175 \cdot 24 \cdot 3600} = 387810 / 15120000 = 0,026 \text{ г/с};$$

- валові:

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left[\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right] \cdot 10^{-6},$$

$$G_{\text{сум}} = 0,026 \cdot \left[\frac{5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right] \cdot 10^{-6} = 0,026 \cdot [157680000 / 12 + 94608000 / 15,6] \cdot 10^{-6} = 0,026 \cdot [13140000 + 6064615,9] = 499320 \text{ т/рік}.$$

11. Об'єм біогазу, який можна зібрати з полігону:

$$V_{\text{б}} = P_{\text{заг.}} \cdot K_{\text{с}} \cdot (1 - K);$$

$$V_{\text{б}} = 2500000 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,23) = 2500000 \cdot 0,462 = 1155000 \text{ м}^3.$$

Якщо відомий об'єм біогазу, то можна розрахувати яку кількість населення можна ним забезпечити. В якості прикладу такого розрахунку можна навести таку задачу [15]: одна людина використовує 2 м^3 біогазу на місяць. 1 м^3 біогазу еквівалентний $0,7 \text{ м}^3$ природного газу. Визначити кількість населення, яку здатний забезпечувати полігон ТПВ біогазом як еквівалент природного газу [20]. Об'єм біогазу прийняти рівним 1155000 м^3 .

Розв'язок:

$$N = 1155000 / ((2 \cdot 12) / 0,7) = 1155000 / 34,3 = 33674 \text{ чол. (4.12)[20]}.$$

Відповідь: даний полігон здатний забезпечити біогазом 33674 чоловік [20].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок екологічного податку

Пункт 240.1 статті 240 розділу VIII «Екологічний податок» Податкового кодексу України вважає платниками екологічного податку суб'єктів господарювання, юридичні особи, які не здійснюють господарську (підприємницьку) діяльність, бюджетні установи, громадські та інші підприємства, установи та організації, постійні представництва нерезидентів, включаючи тих, які виконують агентські (представницькі) функції відносно таких нерезидентів або їх засновників, під час провадження діяльності яких на території України і в межах її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони здійснюються [21]:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення;
- скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти;
- розміщення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи на об'єктах, крім розміщення окремих видів відходів як вторинної сировини та ін [21].

Згідно зі статтею 246 Розділу 8 Податкового кодексу України, ставки податку за розміщення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи на об'єктах встановлюються за класами небезпечності речовин. Їхні значення наведено у таблиці 4.4 [22]:

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 – Ставка екологічного податку

Клас небезпеки відходів	Рівень небезпечності відходів	Ставка податку, гривень за 1 тонну
I	надзвичайно небезпечні	1405,65
II	високонебезпечні	51,2
III	помірнонебезпечні	12,84
IV	малонебезпечні	5
	малонебезпечні нетоксичні відходи гірничої промисловості	0,49

Екологічний податок за розміщення відходів в спеціально відведених для цього місцях розраховується за формулою 4.13 [22]:

$$\Pi_{pv} = \sum_{i=1}^n (H_{pi} * M_{li} * K_t * K_o) \quad (4.13)$$

де H_{pi} – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду відходів у гривнях з копійками;

M_{li} – обсяг відходів i -того виду в тоннах (т);

K_t – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів і який наведено у п. 246.5 ст. 246 Податкового кодексу [22]. В даному випадку цей коефіцієнт дорівнює 3.

K_o – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів [22].

Класи небезпеки для забруднюючих речовин наведено у таблиці 4.5 [23-27]:

Таблиця 4.5 – Клас небезпеки забруднюючих речовин

Забруднююча речовина	Клас небезпеки
Метан	4
Вуглецю діоксид	4
Толуол	3
Аміак	4
Ксилол	3
Оксид вуглецю	4
Діоксин азоту	3
Формальдегід	2
Етилбензол	4
Ангідрид сірчистий	3
Сірководень	2

Отже, екологічний податок за розміщення відходів у спеціально відведених для цього місцях буде дорівнювати:

$$\Pi_{pv} = \sum_{i=1}^n (H_{pi} * M_{li} * K_t * K_o)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{pv} = & (5 * 6,38 * 3 * 3) + (5 * 5,4 * 3 * 3) + (12,84 * 0,08 * 3 * 3) + (5 * 0,06 * 3 * 3) + (12,84 * 0,05 * \\ & 3 * 3) + (5 * 0,03 * 3 * 3) + (12,84 * 0,013 * 3 * 3) + (51,2 * 0,012 * 3 * 3) + (5 * 0,01 * 3 * 3) + (12,8 \\ & 4 * 0,008 * 3 * 3) + (51,2 * 0,003 * 3 * 3) = 287,1 + 243 + 9,25 + 2,7 + 5,8 + 1,35 + 1,55 + 53 + 0,45 \\ & + 0,93 + 1,4 = 558,83 \text{ (грн)}. \end{aligned}$$

4.3 Порядок обчислення збору за викиди стаціонарними джерелами забруднення

Суму збору, який справляється за викиди стаціонарними джерелами, платники податку обчислюють самостійно кожний квартал нарастаючим підсумком з початку року на підставі фактичних обсягів викидів, нормативів збору та коригувальних коефіцієнтів і визначаються за формулою 4.14 [28]:

$$П_{вс} = M_i \times H_{бі} \times I_{сп} \times K_{нас} \times K_{ф} \quad (4.14)$$

де M_i – обсяг відходів i -того виду, у тоннах (т);

$H_{бі}$ – норматив збору за тонну відходів i -того виду, у гривнях за тонну (грн/т),;

$I_{сп}$ – величина індексу споживчих цін (індекс інфляції), приймається, як 2,373;

$K_{нас}$ – коригувальний коефіцієнт, який враховує чисельність жителів населеного пункту;

$K_{ф}$ – коригувальний коефіцієнт, який враховує народногосподарське значення населеного пункту.

Розрахунок суми збору за викиди з полігона ТПВ №5 за рік [27-28]:

$K_{нас}=1; \quad K_{ф}=1;$

$П(\text{аміак}) = 459,85 \cdot 15 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 16368,3 \text{ грн.}$

$П(\text{вуглеводні}) = 138,57 \cdot 4,5 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 1479,74 \text{ грн.}$

$П(\text{сірчистий ангідрид}) = 2451,84 \cdot 80 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 465457,6 \text{ грн.}$

$П(\text{сірководень}) = 7879,65 \cdot 257 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 4805491,4 \text{ грн.}$

$П(\text{формальдегід}) = 6070,39 \cdot 189 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 2722546,89 \text{ грн.}$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum \Pi = 16368,3 + 1479,74 + 465457,6 + 4805491,4 + 2722546,89 \\ = 8011343,93 \text{ грн}$$

Порядок сплати збору:

до Державного бюджету – 5006648 *грн*;

до місцевого бюджету – 3004695,93 *грн*.

Після впровадження системи збору біогазу величина зборів за викиди з площі полігону становить:

$$\Pi (\text{аміак}) = 354,83 \cdot 15 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 12632,31 \text{ грн.}$$

$$\Pi(\text{вуглеводні}) = 120,12 \cdot 4,5 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 1282,70 \text{ грн.}$$

$$\Pi (\text{сірчистий ангідрид}) = 2439,91 \cdot 80 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 463192,51 \text{ грн.}$$

$$\Pi (\text{сірководень}) = 7874,58 \cdot 257 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 4802399,23 \text{ грн.}$$

$$\Pi (\text{формальдегід}) = 6048,89 \cdot 189 \cdot 2,373 \cdot 1 \cdot 1 = 2712909,02 \text{ грн.}$$

$$\sum \Pi' = 12632,31 + 1282,70 + 463192,51 + 4802399,23 + 2712909,02 \\ = 7992415,77 \text{ грн.}$$

Порядок сплати збору:

до Державного бюджету – 4015868 *грн*;

до місцевого бюджету – 3976547,78 *грн*.

Економія через зменшення величини суми збору за забруднення:

$$\Delta \Pi = \sum \Pi - \sum \Pi' = 8011343,93 - 7992415,77 = 18928,16 \text{ грн.}$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Визначення еколого-економічного ефекту

Ефект від охорони навколишнього середовища впливає на поліпшення економічних показників виробництва.

Оцінкою ефективності називають порівняння результатів з витратами. Вона має кілька важливих вимог, таких як : 1) за можливістю найбільш повно охоплювати всі соціально-економічні наслідки у різних сферах господарства у найближчий період і у віддаленій перспективі; 2) найбільш повно враховувати всі види витрат, які пов'язані із заходами, що здійснюються. Обидві вимоги міжгалузеві, міжрегіональні та довготривалі [30].

Вихідні дані: норми амортизації - 15 % вперший рік, і по 10 % рівномірно, починаючи з 2-го року. Дані щодо обсягу капіталовкладень, виробничих показників та витрат на встановлення системи збору біогазу наведено у таблицях 4.6 і 4.7.

Таблиця 4.6 – Обсяг капіталовкладень і виробничі показники

Обсяг капіталовкладень всього	1252000	грн
<i>Виробничі показники</i>		
Ефективне завантаження обладнання за добу	24	год
Робочих днів в рік	365	р.д.
Фактор ефективності роботи устаткування	90%	
Реальне енергоспоживання	60	кВт/год
Об'єм водоспоживання	11404	м ³ врік

Таблиця 4.7 – Витрати на встановлення системи збору біогазу

№п/п	Найменування витрат	Обсяги витрат (грн)
1	Газозбірні пункти (№1, №2)	100000
2	Будівля насосної станції та відповідне обладнання	250000
3	Свердловини, трубопроводи біогазу від свердловини до газозбірних пунктів	380000
4	Вологовідділювач	2000
5	Магістральний трубопровід	70000
6	Заробітна плата	450000
7	Всього капіальних витрат	1252000
8	Експлуатаційні витрати	450330

Загальні капіталовкладення становлять:

$$100000+250000+380000+2000+70000+450000=1252000\text{грн.}$$

Визначення річних експлуатаційних витрат

Амортизаційні витрати: в перший рік експлуатації (формула 4.15), та наступні роки експлуатації (формула 4.16):

$$A_1 = 0,15 \cdot (C + D + M)$$

$$A_1 = 0,15 \cdot 1252000 = 187800 \text{ грн.} \quad (4.15)$$

$$A_1 = 0,1 \cdot 1252000 = 125200 \text{ грн.} \quad (4.16)$$

Розрахунок фонду заробітної плати.

Для досконалої роботи системи збору біогазу візьмемо 10 чоловік. Прийmemo заробітну плату розміром 4137 грн/міс. Тоді змінний розрахунковий заробіток становить:

$$ЗП = 10 \cdot 4137 \cdot 1,1 \cdot 12 = 546084 \text{ грн/рік},$$

де 1,1 – коефіцієнт резерву [30].

Отже, в рік необхідний фонд заробітної плати складе 198000 грн.

Нарахування в фонд соціального страхування складають 37% від фонду заробітної плати [31]:

$$0,37 \cdot 546084 = 202051,08 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію

1 кВт/год електроенергії для промислових підприємств коштує $C_{\text{ел}} = 1,56$ грн. Припустимо, що в рік газозбірна система працює 330 днів. Тоді з урахуванням фактора ефективності завантаження обладнання затрати на електроенергію в рік становитимуть:

$$З_{\text{ел}} = C_{\text{ел}} \cdot t_{\text{год}} \cdot N \cdot k_2 \cdot Q_{\text{ел}}, \quad (4.17)$$

де $C_{\text{ел}}$ – ціна 1 кВт/год електроенергії, грн. Приймається рівною 1,56 грн [32].

$t_{\text{год}}$ – ефективне завантаження обладнання за добу, год;

N – кількість робочих днів;

k_2 – фактор ефективності роботи устаткування;

$Q_{\text{ел}}$ – реальне енергоспоживання, кВт/год.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{el}=1,56 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9 \cdot 30 \cdot 2=737942,4 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на водоспоживання

Тариф для промислових підприємств 9 грн/м³ [33], тоді з врахуванням об'єму водоспоживання:

$$Z_{вод}=9 \cdot 1404,8=102643,2 \text{ грн/рік.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять:

$$Z_{заг} = Z_{П} + Z_{el} + Z_{вод} \quad (4.18)$$

$$Z_{заг}=546084+737942,4+102643,2=1386669,6 \text{ грн/рік.}$$

Приведені витрати.

Річні витрати на здійснення природоохоронних заходів [31]:

$$Z = C + E_n \cdot K \quad (4.19)$$

де С – експлуатаційні витрати;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (коефіцієнт дисконтування), приймається $E_n=0,15$;

К – одноразові капітальні вкладення.

$$Z = 450331,2 + 0,15 \cdot 1252000 = 638131,2 \text{ грн.}$$

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективність капіталовкладень

Ефективність капіталовкладень використаних на зменшення впливу емісії біогазу на навколишнє середовище:

$$E_k = \frac{З}{K} \quad (4.20)$$

де З – зменшення негативного впливу на атмосферне повітря;

К – величина капіталовкладень, використаних для зменшення викидів шкідливих речовин.

$$E_k = 638131,2/1252000=0,5$$

Прибутком,отриманим від продажу виробленого біогазу, є різниця між обсягом продукції,що була реалізована, та її повною собівартістю. Отже, величина прибутку буде такою [32,33]:

$$Пр = 1155000 - 450330 = 704\,670 \text{ (грн).}$$

Вартість одного метра кубічного виробленого біогазу становить 8,69 грн/м³.

4.5 Економічні результати впровадження системи збору та утилізації біогазу

На полігоні працює установка по обробці фільтрату «VOMM», яка в якості палива споживає природний газ. Сумісне використання на цій установці природного газу і біогазу веде до відчутного зменшення величини витрат на закупівлю палива, ціна на яке з кожним роком все більше дорожчає. Таким чином, при умові, що ціна за 1 м³ природного газу для промислових підприємств становить 7,4грн/м³ [34], а за рік емісія біогазу з проектної ділянки складає 831716,34м³/рік, то економія становить:

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta D = 831716,34 \times 7,4 \times 0,575 = 3538953,03 \text{ грн/рік.}$$

Економічний результат природоохоронних заходів визначається за величиною економічних збитків (Y_{np}), та величиною додаткового доходу (ΔD):

$$P = Y_{np} + \Delta D \quad (4.21)$$

де Y_{np} – величина попереднього економічного збитку;

ΔD – річний приріст доходу (додатковий дохід) внаслідок поліпшення виробничих досягнень.

$$P = 608828,7 + 3538953,03 = 4147781,73 \text{ грн.}$$

З урахування формул (4.19) та (4.21) розмір чистого економічного річного ефекту:

$$E_n = P - Z = (Y_{np} + \Delta D) - (C + E_n \cdot K) \quad (4.22)$$

$$E_n = 4147781,73 - 638131,2 = 3509650,53 \text{ грн.}$$

Висновки до розділу 4

1. Було розраховано основні параметри полігону ТПВ.
2. Було розраховано екологічний податок за розміщення відходів.
3. Було розраховано збір за викиди в атмосферне повітря стаціонарними джерелами.
4. Було визначено еколого-економічний ефект.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона та засоби зв'язку

Згідно з нормами та правилами, полігон ТПВ повинен мати охорону, яка несе відповідальність за збереження техніки і матеріальних цінностей, які знаходяться на вищезазначеному об'єкті [35].

Обов'язком охорони також є недопущення на територію об'єкту транспорту для вивантаження відходів у неробочий час і будь яких інших машин. Категорично заборонено пропускати на територію об'єкту охорони сторонніх осіб.

Охорона може формуватися зі штатних (власних) працівників або здійснюватися відповідними структурами, які мають ліцензію на здійснення зазначеної діяльності [35].

Кількість осіб, які здійснюють охорону в неробочий час, повинна бути не менше двох.

Якщо немає суцільної огорожі по всьому периметру території та ґрунтового валу, то місця можливого проїзду автомобільного транспорту повинні мати перешкоди. Ці перешкоди повинні робити в'їзд на територію об'єкту охорони можливим виключно через контрольно-пропускний пункт.

У неробочий час в'їзні ворота повинні бути зачиненими, а шлагбаум працівники охорони обов'язково повинні опустити [35].

					03-52.2403.68.19					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Педаш				Охорона праці			Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Жукова Н.І.									
Реценз.	Звєвська Н.В.							КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		
Н. Контр.	Репін М.В.									
Затверд.	Ткачук К.К.									

Осіб,зайнятих в охороні об'єкту,в обов'язковому порядку потрібно ознайомити з порядком дій у разі виникнення пожежі. Працівники охорони повинні вміти користуватися засобами пожежогасіння та мати телефонний зв'язок,а у разі його відсутності повинні бути забезпечені мобільними телефонами [35].

Контрольно-пропускний пункт і територія зберігання техніки в темний час доби повинні бути освітлені. Достатнім вважається освітлення не менше 5 лк. Освітлення робочих карт не є обов'язковим,оскільки в темний період доби жодних технічних операцій на них не проводиться.

У разі виникнення надзвичайної ситуації і пов'язаним з нею комплексом заходів та робіт освітлення повинно забезпечуватися переносними електричними світильниками за тимчасовою схемою. Подібний вид роботи виконується виключно за наказом підприємства [35].

5.2 Охорона праці,екологічна,санітарна та пожежна безпека на полігонах ТПВ

Згідно із законом,для роботи на полігоні ТПВ допускаються повнолітні чоловіки і жінки,які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я,пройшли інструктаж з охорони праці та первинний інструктаж на робочому місці.

Один раз на три роки всі працівники повинні проходити навчання і перевірку знань з охорони праці.

Жодні обставини не можуть бути підставою для порушення вимог безпеки та охорони праці. Нічні роботи на полігоні дозволяється проводити виключно за наказом. За додержання вимог охорони праці відповідає призначена наказом особа [35].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До роботи в колодязях на території полігону допускають бригаду з трьох працівників виключно після перевірки повітря в колодязі газоаналізатором на наявність кисню та відсутність вибухонебезпечних газів [35].

Персонал полігону ТПВ зобов'язаний у встановлені терміни проходити медичні огляди. Крім того, працівники мають право на проходження позачергового медичного огляду за власним проханням. Такий медогляд проводиться за рахунок підприємства. Керівництво полігону ТПВ за погодженням із санітарно-епідеміологічною службою (СЕС) укладає договір з медичним закладом, який є відповідальним за проведення медичних заходів.

На кожній експлуатаційній ділянці полігону ТПВ повинна бути в наявності аптечка із запасом медикаментів і перев'язочних матеріалів для надання першої допомоги при травмах та нещасних випадках. Не рідше одного разу на рік аптечки необхідно поповнювати. Наказом повинна бути призначена особа, яка нести відповідальність за вищезазначений захід [35].

З метою забезпечення відповідних умов роботи працівників полігону територія господарської зони повинна мати освітлення, тверде покриття і в'їзд з боку полігону. Для в'їзду і проїзду машин по території об'єкту повинні бути встановлені спеціальні маршрути.

Такі роботи як розвантаження сміттєвозів, складування ізолюючого матеріалу (грунт, будівельні відходи, шлак), робота бульдозера (розрівнювання та ущільнення побутового сміття, укладання ізолюючого шару) проводяться виключно на тих картах, які відведені на дану добу. В зоні роботи бульдозерів присутність людей та проведення будь яких інших робіт заборонені. Присутність сторонніх осіб на території об'єкту також заборонена [35].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлуатація полігону пов'язана з достатньо великою кількістю шкідливих факторів, а саме [35]:

1) Процес складування побутового сміття супроводжується виділенням неприємних запахів, регулярне вдихання яких викликає головний біль та запаморочення. Крім того, має місце виділення в атмосферу шкідливих речовин від інших інженерно-технічних споруд. Прикладом такого негативного впливу на повітряне середовище є виділення продуктів згорання палива при роботі дизельної електростанції, котельні, автотранспорту.

2) Виділення в атмосферу продуктів розпаду ТПВ становить потенційну небезпеку, оскільки вони містять у своєму складі метан (який є вибухонебезпечним), сірководень, ароматичні вуглеводні, вуглекислий газ та галоген-ароматичні вуглеводні. Всі вищезазначені речовини є компонентами звалищного газу (біогазу), накопичення якого може викликати самозаймання полігону ТПВ.

3) Впроваджувана система збору та утилізації біогазу складається з насосної станції та електрогенератора. Роботу цих об'єктів забезпечує електричне обладнання, внаслідок чого існує потенційна небезпека ураження електричним струмом.

4) Експлуатація автотранспорту, насосної станції, устаткування з очищення фільтрату супроводжується підвищеним рівнем шуму. Його систематичний вплив на працівників призводить до зростання професійних захворювань на 20-30% та зниження продуктивності праці на 1%.

5) Для складування та ущільнення ТПВ і укладання ізолюючого шару на полігоні використовуються сміттєвози та бульдозери. Їхня експлуатація є потенційно небезпечною для людей (травматизм).

6) Полігони ТПВ є місцем скупчення таких розповсюджувачів інфекцій як мухи, птахи та гризуни.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7) На території складування ТПВ має місце розвиток хвороботворних мікроорганізмів, які здатні викликати тяжкі захворювання.

8) При переміщенні ґрунту та сміття транспортом в атмосферу виділяється пил. Також пил виділяється при здуванні з поверхні секцій складування відходів.

9) Недостатнє освітлення в темні пори доби також є одним зі шкідливих факторів при експлуатації полігону ТПВ.

З метою попередження дії шкідливих виробничих факторів на працівників полігону ТПВ застосовуються заходи захисту [35]:

1. За спекотної сухої погоди необхідно проводити полив ділянок ущільнення відходів водою з розрахунком 10л/м^2 ТПВ.

2. Персонал полігону, зайнятий на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами (відбір проб з тілу полігона, аналіз відібраних проб, огляд та ремонт устаткування системи збору та утилізації біогазу та інші) в обов'язковому порядку повинні бути забезпечені спеціальним одягом (костюмами чи комбінезонами), спеціальним взуттям (кирзовими чоботами або черевиками), захисними рукавицями та респіраторами. При роботі автотранспорту для зменшення негативного впливу на повітряне середовище повинні застосовуватися найбільш оптимальні показники експлуатації.

3. Територія контрольно-пропускного пункту та господарська зона полігону обов'язково повинні бути достатньо освітлені в темний час доби. Достатнім вважають освітлення інтенсивністю не менше 5 лк. У разі виникнення надзвичайної ситуації і пов'язаних з нею робіт освітлення повинно забезпечуватися герметичними переносними світильниками за тимчасовою схемою. Такі роботи проводяться виключно за наказом по підприємству.

Природне освітлення поверхні на відкритому місці створюють пряме сонячне світло і розсіяне світло неба. Вся територія полігону обов'язково повинна бути освітлена [35].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи в темну пору доби бульдозери повинні мати таке обладнання [35]:

- лобове і загальне освітлення. Вони забезпечують достатню видимість шляху переміщення, видимість фронту робіт і ділянок, що до нього прилягають;
- освітлення робочих органів і механізмів керування;
- заднє сигнальне світло.

4. Впроваджується система збору та утилізації біогазу як запобіжний захід.

Впровадження такого заходу необхідне з метою уникнення небезпечних ситуацій, які пов'язані із займанням біогазу та отруєнням ним працівників полігону. Вищезазначену систему прокладають на першій черзі полігону.

5. При проведенні розвантажувальних робіт повинні дотримуватися такі правила безпеки [35]:

- транспортний засіб, що розвантажуються, повинен бути надійно загальмованим;
- при розміщенні автотранспорту на майданчику для розвантаження один за одним відстань між автомобілями (у глибину) повинна бути не менше 2 м, а між тими, що стоять поруч (по фронту)-- не менше 4 м;
- не допускається пристрій майданчиків для розвантаження на ущільнених бульдозером ТПВ без ізолюючого шару;
- відстань від зовнішнього укусу до розвантажувальних автомобілів має бути не менше 10 м;
- освітлення майданчиків для розвантаження у темний час доби повинне бути не менше 2 лк з метою забезпечення відповідних умов для проведення робіт.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Правила проведення робіт з ущільнення відходів та укладання ізолюючого шару такі [35]:

- забороняється висування ножа за край укусу при переміщенні ТПВ бульдозером під укіс. Відстань між краєм гусениці та краєм насипу повинна бути не менше 2 м;
- на вихлопну трубу бульдозера необхідно встановлювати іскрогасник з метою уникнення займання побутових відходів від продуктів згорання палива. Бульдозер в обов'язковому порядку повинен бути укомплектований вогнегасником;
- перед тим як зійти з бульдозера, машиніст зобов'язаний поставити перемикач передачі у нейтральне положення та опустити відвал на землю;
- перед здійсненням огляду, технічного обслуговування та ремонту бульдозер повинен бути встановлений на горизонтальному майданчику, відвал необхідно опустити на землю, а двигун вимкнути. Якщо існує необхідність огляду знизу, то відвал необхідно опустити на надійні підкладки;
- забороняється знаходитись під піднятим відвалом бульдозера, який утримується канатом блокової системи або штоками гідравлічних циліндрів;
- допускати сторонніх осіб до ремонту і технічного обслуговування бульдозера сторонніх осіб заборонено;
- до глушіння двигуна категорично заборонено знаходження у просторі між трактором та рамою бульдозера, між трактором і відвалом та під трактором;
- підйом важких частин бульдозера виконується тільки за допомогою справних домкратів і талів. Застосування вагів та інших засобів, які не в змозі забезпечити належну стійкість, заборонено;
- регулювання механізмів бульдозера здійснюється працівниками у кількості двох осіб: одна особа повинна знаходитися у механізмі, що регулюються, а інша на важелях керування.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці в момент включення муфти зчеплення та рукояток керування. Кабіна та важелі керування повинні бути чистими та сухими. Захаращення кабіни сторонніми предметами заборонене [35].

6. Для санітарної обробки смітєвозів необхідні спеціально обладнані приміщення або майданчики з водопроводом і трапами для спуску стічних вод.

Вийзд з полігону ТПВ обов'язково повинен мати контрольно-дезінфікуючу зону.

Ця зона повинна включати в себе залізобетонний резервуар довжиною 8 м,глибиною 0,3 м і шириною 3,5 м для дезінфекції коліс автомобільної техніки.

Резервуар повинні заповнювати дезінфікуючою речовиною і тирсою. В якості дезінфікуючих засобів використовують розчини метасилікату(1-3%),фенолу(3-5%),креоліну(від 5%),лізолу(від 5%),нафтолізу(не менше 10%).

При температурі повітря понад +5°C транспортні засоби повинні в обов'язковому порядку проїжджати через дезінфікуючий бар'єр [35].

Раз на десять днів необхідно відкачувати воду з дизбар'єру в цистерну,яка повинна бути відправлена спеціальним транспортом(асенізаційними машинами) на очисні споруди каналізації за погодженням із Санітарно епідеміологічною станцією [34].

У разі затримки закриття понад 3 доби робочої карти,яка заповнена шаром відходів на висоту 2 м в літній період необхідно провести її обробку дезінфекційним розчином.

7. Дезінфекційні,дезінсекційні та деразитаційні роботи виконуються відділенням профілактичної дезінфекції СЕС або спеціалізованими дезінфекційними станціями за договорами з адміністрацією об'єкта. Виконавець робіт несе відповідальність за застосовувані матеріали та норми їх витрат [35].

Застосування отруйних речовин для знищення птахів заборонене. Рекомендується встановлення спеціального звукового та біоакустичного обладнання для їх відлякування [35].

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8. З метою уникнення електротравм, пов'язаних з експлуатацією електричного двигуна, електричного насосу, випрямного устаткування, генератору, розподільного пункту та іншого електрообладнання полігону в обов'язковому порядку повинні дотримуватися правила електричної безпеки.

Приміщення, на території яких розташоване електрообладнання, повинні мати такі показники мікроклімату та характеристики [35]:

- температура приміщення впродовж доби — не менше ніж +25°C;
- відносна вологість — не вище 75%;
- струмонепровідна підлога — гумове покриття;
- ефективна вентиляція і очищення повітря від хімічно активних речовин та пилу.

Основні технічні заходи для забезпечення електробезпеки [35]:

- недоступність частин електроустаткування;
- використання ізоляції струмопровідних частин та забезпечення їх недоступності (використання захисних огорож, розміщення неізованих струмопровідних частин на висоті);
- маркування струмопровідних частин;
- застосування блоків безпеки.

Працівники полігону, які зайняті на роботах з електроустаткуванням, повинні мати на собі спецодяг, спеціальне взуття та рукавиці та ознайомлені з правилами електричної безпеки [35].

9. У приміщеннях, в яких розташовані джерела шуму (насос, електродвигуни) повинні бути використані звукоізолюючі кожухи, які повністю закривають шумні агрегати з метою зниження рівня шуму [35].

10. Відповідальними за пожежну безпеку полігону ТПВ є його керівники та уповноважені ними особи.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Профілактичними заходами з попередження займання необхідне здійснення щоденного огляду карт складування відходів та організація чергування досвідчених та забезпечених засобами пожежогасіння співробітників полігону, які займаються експлуатацією полігону в темний час доби в пожежонебезпечний період [35].

Відповідальні за пожежну безпеку особи зобов'язані розробити «Інструкцію про заходи пожежної безпеки». Ця інструкція повинна включати в себе [35]:

- порядок протипожежних заходів;
- обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі;
- засоби оповіщення пожежної охорони та керівництва;
- застосування засобів пожежогасіння та взаємодії з підрозділами пожежної охорони.

Інструкція затверджується керівництвом полігону [35].

Первинні засоби пожежогасіння розміщуються на спеціальних пожежних щитах(стендах). Вони встановлюються на території об'єкту з розрахунку один стенд на 5000 м² площі. Стенди і засоби пожежогасіння повинні бути пофарбовані у відповідні кольори за чинним державним стандартом [35].

Кожний комплект засобів пожежогасіння повинний включати в себе [35]:

- вогнегасники —3 шт.;
- гаки – 3 шт.;
- лопати – 2 шт.;
- ломы – 2 шт.;
- сокири –2 шт.;
- ящик об'ємом 0,5 м³ з піском – 1 шт.;
- покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу – 2 х 2 м.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Один раз на рік спеціальними організаціями з відповідною ліцензією повинна проводитися перевірка придатності заряду пінного вогнегасника. Працівники полігону ТПВ повинні проходити вступний інструктаж, первинні, повторний, позаплановий та цільові інструктажі з пожежної безпеки.

Всі транспортні засоби, які працюють на об'єкті, в обов'язковому порядку повинні бути обладнані порошковим чи вуглекислотним вогнегасником [35].

На картах складування відходів, у приміщеннях під навісами та відкритих майданчиках, де зберігається автотракторна техніка, категорично забороняється [35]:

- залишати автомобілі з увімкненим запаленням;
- заправляти техніку паливом;
- заряджати акумулятори безпосередньо на машинах.

З метою запобігання займанню і вибуху біогазу на полігоні ТПВ повинні створюватися дренажні свердловини. Ці свердловини повинні бути об'ємно закладені металевими або полімерними трубами діаметром від 200 мм з перфорацією у заглибленій частині до 2,5-3 м. В міру зростання шару відходів труба потрібно нарощувати таким чином, щоб її висота над поверхнею становила не менше ніж 1,5 м. З метою запобігання руйнування транспортними засобами частини труби, яка виступає над поверхнею, слід фарбувати її у яскравий помаранчевий колір. Дренажні свердловини можуть бути горизонтальними якщо полігон має куполоподібну форму. В такому випадку обов'язково необхідно забезпечити неможливість займання звалищеного газу та горіння відходів [35].

Розпалення вогнищ на території полігону під великовантажними контейнерами з метою їх розігріву (в зимовий період), паління та розпалювання вогнища на території полігону заборонено. Паління дозволяється виключно у спеціально відведених місцях, які повинні бути обладнані засобами пожежогасіння і розташовані від робочих карт та місць відстою техніки на відстані не менше 15 м.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювальні роботи у діючих цехах дозволяється виконувати тільки з дозволу особи, яка відповідальна за пожежну безпеку і виключно при наявності наряду-дозволу на виконання тимчасових вогневих робіт [35].

Висновки до розділу 5

1. Було розглянуто організацію охорони полігону ТПВ.
2. Було розглянуто охорону праці, екологічну, санітарну та пожежну безпеку на полігоні ТПВ.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Досліджено схему утворення і виділення біогазу на полігоні ТПВ.
2. Досліджено вплив полігону ТПВ на навколишнє середовище.
3. Розглянуто і запропоновано математичну модель процесу фільтрації забруднення в ґрунтове середовище.
4. Розглянуто охорону праці, забезпечення санітарної, екологічної та протипожежної безпеки на полігоні ТПВ.
5. Розраховано проектну місткість полігону; густину та об'єм біогазу, що виділяється на полігоні ТПВ; розраховано яку кількість людей здатний забезпечувати біогазом полігон ТПВ.
6. Розраховано екологічний податок за розміщення відходів у спеціально відведених місцях.
7. Розраховано суму збору викидів полігону ТПВ, які були здійснені стаціонарними джерелами.
8. Визначено еколого-економічний ефект.
9. Розглянуто можливості, які дозволить реалізувати розвиток біогазових технологій.
10. Розглянуто розвиток біогазових технологій в Китайській Народній Республіці та запропоновано використання обладнання корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL. Вартість виробленого такою уставкою біогазу вища, ніж виробленого на існуючому обладнанні (520 \$ та 224 \$ відповідно), проте якість його значно вища.

03-52.2403.68.19

					03-52.2403.68.19								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Педаш			Загальні висновки			Лім.		Лист		Листів	
Перевір.		Жукова Н.І.											
Реценз.		Звєвська Н.В.						КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ					
Н. Контр.		Репін М.В.											
Затверд.		Ткачук К.К.											

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сергієнко М.І. Огляд існуючої ситуації з біогазом: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С. 1-4.
2. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ №5: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С. 13-17.
3. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ №5: конспект лекцій, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», Київ, 2018. С. 2,3,5.
4. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ №5: конспект лекцій, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», Київ, 2018. С. 1-3.
5. Сергієнко М.І. Збір та утилізація біогаза на полігоні ТПВ: конспект лекцій, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», Київ, 2018. С. 16-20, 26-31.
6. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ: конспект лекцій, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», Київ, 2018. С.1.
7. Лебедев М.М., Сергієнко М.І. Полігони твердих побутових відходів. Санітарне очищення населених пунктів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2014. С.124.
8. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ: конспект лекцій, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», Київ, 2018. С.2.
9. Сергієнко М.І. Загальна характеристика полігона ТПВ: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С.7-13.
10. Сергієнко М.І. Аналіз впливу полігона ТПВ на навколишнє середовище: конспект лекцій, Київ, 2018. С.1-14.
11. Олійник А.П., Мороз А.А. Математичне моделювання процесів забруднення ґрунтів як результату технологічних процесів: стаття, Східноєвропейський журнал передових технологій. 2015. Вип. №1/4(73). С.4.12.

					03-52.2403.68.19		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань		
Розроб.	Педаш						
Перевір.	Жукова Н.І.						
Реценз.	Звєвська Н.В.						
Н. Контр.	Репін М.В.						
Затверд.	Ткачук К.К.				КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ		

12. Самойлік М.С., Молчанова А.В. Екологічні аспекти впливу полігонів твердих побутових відходів на навколишнє середовище. Фільтрат: стаття, Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. Вип. №1-2. С.88-89.

13. Гринчишин Н., Бабаджанова О., Лагуш Н. Вертикальна міграція дизельного палива в ґрунтах різного типу: стаття, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львівський національний аграрний університет. УДК 504.53:665.7. С.35-38.

14. Думанська Т.У., Ногіна П.М., Підгорський В.С. Біоремедіація забрудненого нафтою та дизельним паливом ґрунту: стаття, Науковий Вісник Ужгородського університету, 2008. Вип. 22, с. 122.

15. Олійник А.П., Мороз А.А. Математичне моделювання процесів забруднення ґрунтів як результату технологічних процесів: стаття, Східноєвропейський журнал передових технологій. 2015. Вип. №1/4(73). С.7/

16. Олійник А.П., Мороз А.А. Математичне моделювання процесів забруднення ґрунтів як результату технологічних процесів: стаття, Східноєвропейський журнал передових технологій, 2015. Вип. №1/4(73). С.5-8.

17. Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Коваленко Т.П. Застосування біогазових технологій в Україні з метою ресурсозбереження: стаття. URI: <http://eprints.kname.edu.ua/38215/1/136-139.Pdf> (дата звернення 14.03.2019).

18. Дудник О.М. «Розвиток біогазових енергетичних технологій в КНР та Україні»: Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ, 2017. С.10-12.

19. Період окупності проекту. URI: <http://studentbooks.com.ua/content/view/1308/42/1/3/> (дата звернення 14.03.2019).

20. Ткачук К.К., Лебедєв М.М., Сергієнко М.І. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища» з дисципліни «Управління та поведження з відходами». Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2013. С.37-40, 45.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Сергієнко М.І. Розрахунок екологічного податку: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С.1.

22. Податковий кодекс України, розділ 8 «Екологічний податок», стаття 246 «Ставка екологічного податку за розміщення відходів у спеціально відведених місцях». URI: <http://sfs.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/> (дата звернення 12.03.2019).

23. Обчислення та сплата екологічного податку. Приклад заповнення нової декларації. URI: www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/9369 (дата звернення 12.03.2019).
щодо захисту працівників

24. Наказ «Про затвердження Вимог до роботодавців від шкідливого впливу хімічних речовин», додатки 2-3. URI: [search.ligazakon.ua/\[doc2.nsf\]/link1/RE20834.html](http://search.ligazakon.ua/[doc2.nsf]/link1/RE20834.html). (дата звернення 12.03.2019).

25. Правила безпечної експлуатації магістральних трубопроводів: НПАОП 60.3-1.01-10 «Про затвердження правил безпечної експлуатації магістральних трубопроводів» від 27.01.2010. URI: https://dnaop.com/html/31754/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_60.3-1.01-10 (дата звернення 12.03.2019)

26. Висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи «Добавки до бетонів та будівельних розчинів відповідно до ДСТУ Б.В.2.7-171: 2008 «Добавки до бетонів та будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001,NEQ) згідно з додатком до висновку» від 09.09.2015.

27. Шкідливі речовини. URI: <https://buklib.net/books/35228/> (дата звернення 13.03.2019).

28. Нормування шкідливих речовин. URI: <https://buklib.net/books/29834/> (дата звернення 13.03.2019).

29. Сергієнко М.І. Еколого-економічний аналіз: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С.4-6.

30. Податковий кодекс України, розділ 8 «екологічний податок», стаття 243 «Ставка екологічного податку за викиди в атмосферне повітря, здійснені

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

стаціонарними джерелами викиду». URI: <http://sfs.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/> (дата звернення 13.03.2019).

31. Сергієнко М.І. Еколого-економічний аналіз: конспект лекцій, Київ, НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського», 2018. С.5-9.

32. Ціна кВт/год електроенергії для промислових підприємств. URI: unian.ua (дата звернення 14.03.2019).

33. Тариф на воду для промислових підприємств. URI: <https://vodokanal.kiev.ua/tarifi> (дата звернення 13.03.2019).

34. Газ для промислових підприємств. URI: vse.energy (дата звернення 13.03.2019).

35. Лебедєв М.М., Сергієнко М.І. Полігони твердих побутових відходів. Санітарне очищення населених пунктів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2014. С. 37-40, 45.

					03-52.2403.68.19	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Карта водоносних горизонтів Обухівського району

Обуховський р-н				
Населенные пункты	Полтавский Водоносный Горизонт	Бучакский Водоносный Горизонт	Сеноманский Водоносный Горизонт	Юрский Водонсный Горизонт
Александровка	30			
Б. Дмитриовичи	48.51	58.65	90-95	
Башта		54		160
Халепья	32			
Безрадици	38	58		
Григоровка	18,38,41,42			
Гусачевка	21,28,43	67		
Дамба тов. «Берег»			60	
Козеевка		84		
Козин	23,27,33	49,50,52,55,5 9,60	60	
Конча- Заспа	48.52		55.65	
Красная Слободка	31	59.87		
Обухов		53,52,62,66,8 1,6	104.108.152	
Ольшанка		70		
Первое Мая	20.22			
Плюты			55	
Подгорцы	45,46,48,50	57.75	60	
Нещиоров	33			
Романков	23,43,48,49	88		185-190
Росановка		91		
Н.Безрадычи	18,42,46,52			
Сосновый Бор		56		
С. Безрадици	37		165.176	
Таценки	20,43,47	57		
Триполье	33	76.79,80	163	
Украинка		52	60	
Халепья	19,21,31,32	58.7		
Фастов	38			
Томаковка	16			
Паляничинцы	23.мар			

03-52.2403.68.19

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<div style="text-align: center;">Додаток А</div>		
Розроб.	Педаш						
Перевір.	Жукова Н.І.						
Реценз.	Звєвська Н.В.						
Н. Контр.	Регін М.В.						
Затверд.	Ткачук К.К.				<div style="text-align: center;">КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІЕЕ</div>		

Дипломний проект

На здобуття ступеня бакалавра

Зі спеціальності (спеціалізації) 6.040106 Екологія та охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування

На тему: Отримання біогазу з органічних відходів

Виконала: студентка 4 курсу, групи ОЗ-52

Педаш Ксенія Олександрівна

Керівник: ст. викл., к.т.н., Жукова Н.І.

						ОЗ-52.2403.68.19			
						ДОДАТОК Б	Літера	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.					
Розроб.		Підшан К.О.		06.19					
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19					
Т. контр.							Аркуш 1	Аркуші 14	
Н. контр.							НТУУ «КПІ ім. І. Скорського», ІБЕ		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19					

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

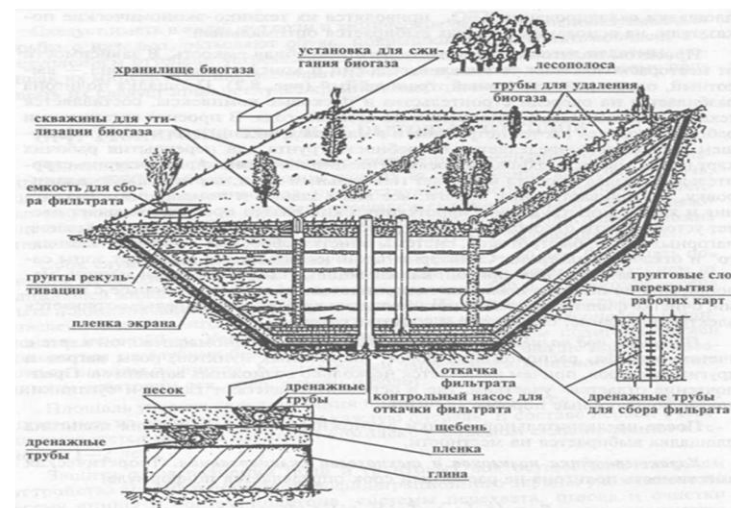
- **Об'єкт дослідження.** Процес отримання біогазу з органічних відходів на полігонах ТПВ.
- **Предмет дослідження.** Методики і шляхи отримання біогазу з органічних відходів на полігонах твердих побутових відходів.
- **Мета дослідження.** Розглянути шляхи отримання біогазу з органічних відходів.
- **Задачі дослідження:**
 - 1) Розгляд потенційних об'єктів, які можуть слугувати джерелом для виробництва біогазу.
 - 2) Розгляд впливу цих об'єктів на навколишнє середовище.
 - 3) Розглянути та математичну модель фільтрації забруднюючих речовин до ґрунту.
 - 4) Пропозиція можливого технологічного процесу виробництва біогазу з органічних відходів;
 - 5) Оцінка потенційної кількості та якості отриманого біогазу і перспективи використання.

					ОЗ-52.2403.68.19				

ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ТА СХЕМА ПОЛІГОНУ ТПВ №5 М.КИЄВА



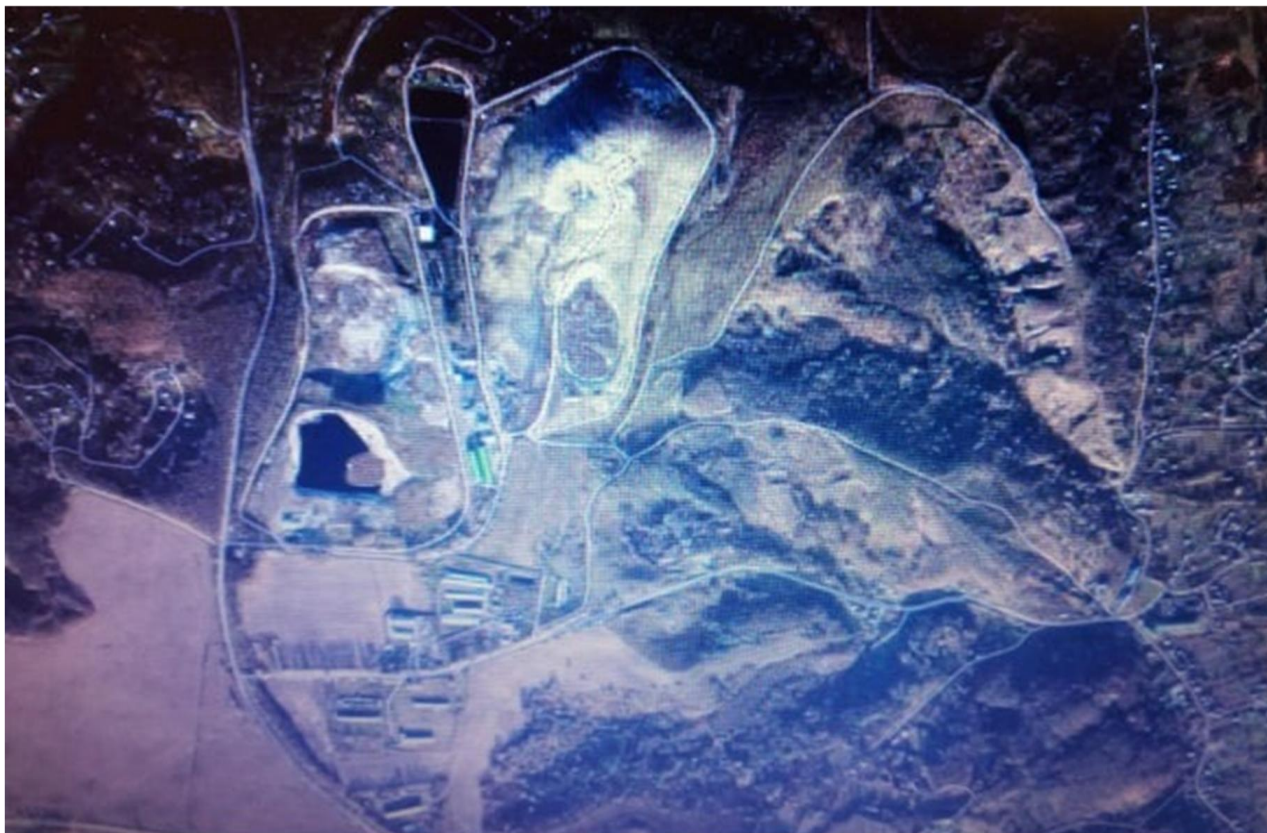
**ПОЛІГОН ТПВ №5 М.
КИЄВА**



**ЗАГАЛЬНА СХЕМА
ПОЛІГОНУ ТПВ №5 М.
КИЄВА**

						ОЗ-52.2403.68.19		
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б		
						Літера	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.				
Розроб.		Гелаш І.О.		06.19				
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19				
Т. контр.						Аркуш 3	Аркуші 14	
Н. контр.						НТУУ «КПІ ім. І Скороцького», ІЕЕ		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19				

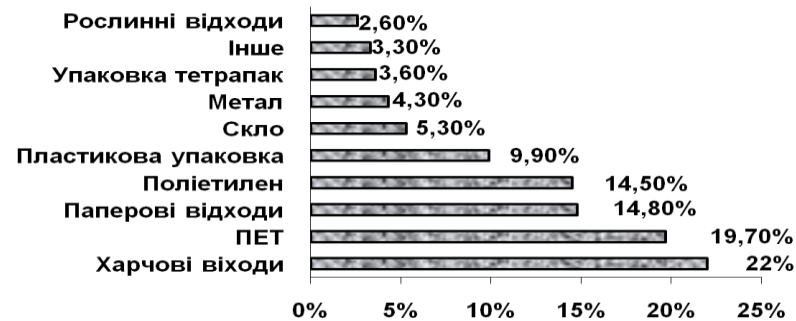
ВИГЛЯД ПОЛІГОНУ ТПВ З СУПУТНИКА



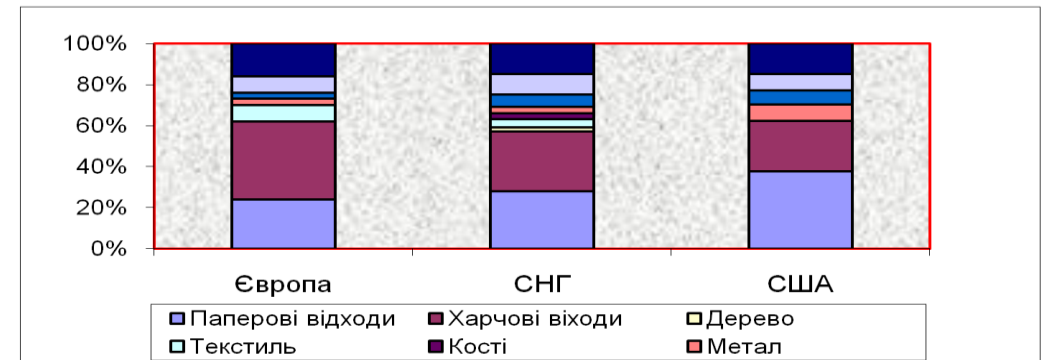
**Полігон ТПВ №5 м.
Києва**
(фото з супутника)

						ОЗ-52.2403.68.19			
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масшт.
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.					
Розроб.		Григор'єв Ю.О.		06.19					
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19					
Т. контр.									
Н. контр.							Аркуш 4	Аркуші 14	
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19			НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІЕЕ		

МОРФОЛОГІЧНИЙ СКЛАД ТПВ В УКРАЇНІ ТА ЗАКОРДОНОМ



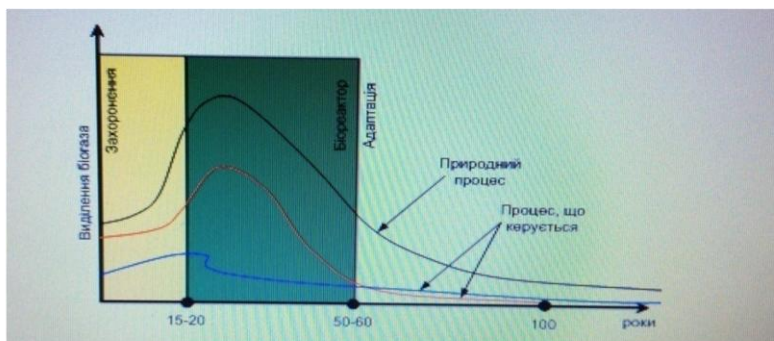
**МОРФОЛОГІЧНИЙ
СКЛАД ТПВ В УКРАЇНІ**



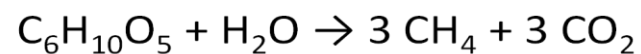
**МОРФОЛОГІЧНИЙ
СКЛАД ТПВ
ЗАКОРДОНОМ**

					ОЗ-52.2403.68.19			
					ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масшт.
Зм	Арк.	Докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Підваш К.О.		06.19				
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19				
Т. контр.						Аркуш 5	Аркуші 14	
Н. контр.						НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІЕЕ		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19				

ПРОЦЕС ГАЗОУТВОРЕННЯ. РІВНЯННЯ КІНЕТИКИ УТВОРЕННЯ БІОГАЗУ



**ЗМІНА БІОГАЗОВОЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ
ПОЛІГОНУ ТПВ В РІЗНІ
ЕТАПИ ЧАСУ**



**РІВНЯННЯ РЕАКЦІЇ
СТЕХІОМЕТРІЇ
ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ
ГАЗУ**

						03-52.2403.68.19		
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б		
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.		Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Голов Е.О.		06.19				
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19				
Т. контр.						Аркуш 6	Аркуші 1-4	
Н. контр.						НТУУ «КПІ ім. І. Скороцького», ІЕБ		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19				

РІВНЯННЯ КІНЕТИКИ РЕАКЦІЇ УТВОРЕННЯ ГАЗУ

$$Q = M \cdot q \cdot e^{-kt}$$

де k — константа швидкості реакції утворення газу, 1/рік.

M — маса відходів, т.

q —питомий газовий потенціал, $\text{м}^3/\text{т}$

Q —кількість біогазу, яка генерується за певний проміжок часу, м^3 .

t — час, років.

						ОЗ-52.2403.68.19			
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат					
Розроб.		Гідаш К.О.		06.19					
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19					
Т. контр.							Аркуш 7	Аркуші 14	
Н. контр.							НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІББ		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19					

СКЛАДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ПОЛІГОНУ ТПВ. УМОВИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ МЕТАНОУТВОРЮЮЧИХ БАКТЕРІЙ

Умови для появи метаноутворюючих мікроорганізмів в тілі полігону:

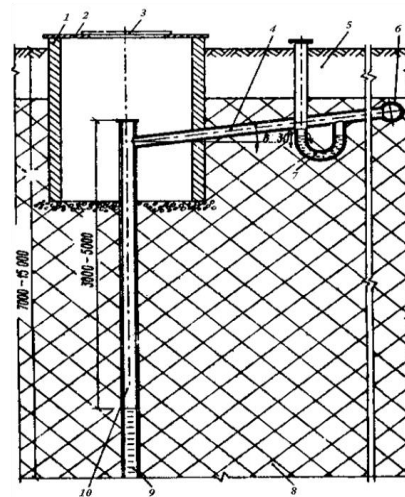
- температура – вище 30 °С;
- вологовміст – більше 0,5 ч. о.;
- значення –рН більше 7.
-

Етапи підготовки біогазу для використання:

- очищення від суспендованих частинок;
- видалення сірководню;
- відділення вологи;
- зменшення кількості діоксину вуглецю.
- Згідно з розрахунками, на полігоні ТПВ можна отримати 1155000 м³ біогазу вартістю 224\$.

						ОЗ-52.2403.68.19			
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масшт.
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат					
Розроб.		Педаш К.О.		06.19					
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19					
Т. контр.							Аркуш 8	Аркуші 14	
Н. контр.						НТУУ «КПІ ім. І Скворського», ІББ			
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19					

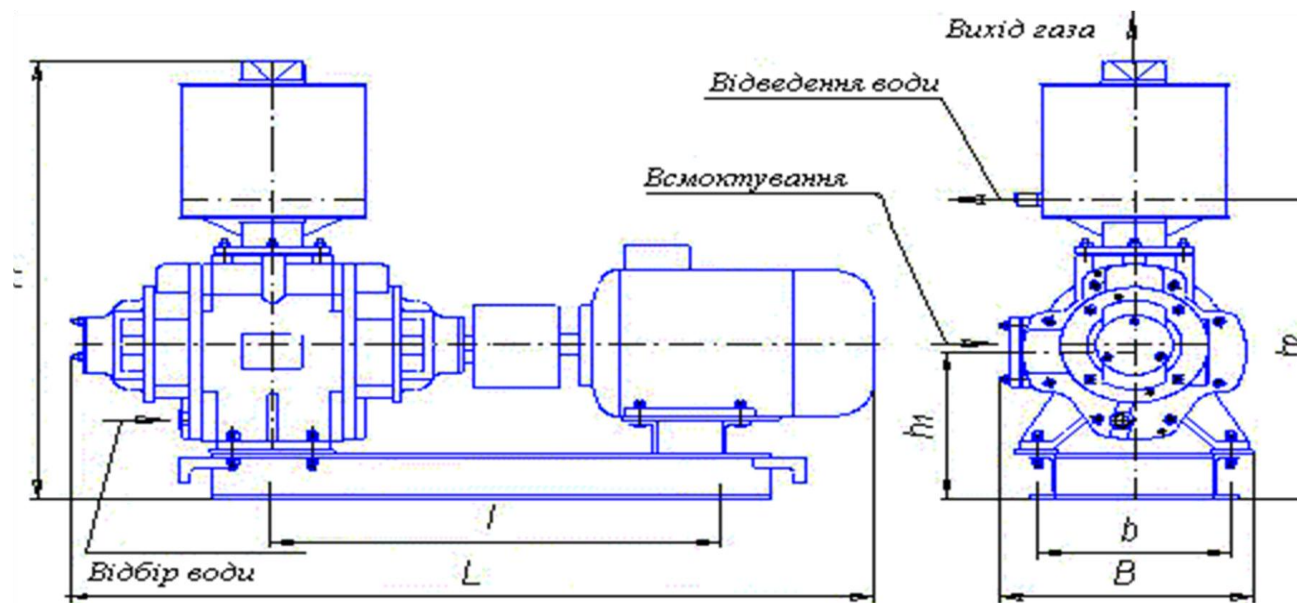
СИСТЕМА ЗБОРУ БІОГАЗУ НА ПОЛІГОНІ ТПВ



1 – залізобетонний колодязь; 2 – люк, 3 – кришка люка; 4 – відвідна труба; 5 – покрівля; 6 – збірна труба; 7 – сифон з отворами для зливання води; 8 – шар ТПВ; 9 – фільтр; 10 – фільтрова колона

Подовжній розріз вертикальної газозбірної свердловини

					ОЗ-52.2403.68.19						
					ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б				Літера	Маса	Масшт.
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат							
Розроб.		Педаш К.О.		06.19							
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19							
Т. контр.											
Н. контр.					НТУУ «КПІ ім. І Скорського», ІЕБ				Аркуш 9	Аркуші 1-4	
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19							



КОНСТРУКЦІЯ ВОДОКІЛЬЦЕВОГО ВАКУУМ- НАСОСУ

					ОЗ-52.2403.68.19			

ВПЛИВ ПОЛІГОНУ ТПВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Забруднення атмосферного повітря:

Забруднюючими речовинами, які викидаються в атмосферу, є діоксини азоту, зола, оксиди вуглецю, сірчистий ангідрид, бенз(а)пірен, сажа, сірководень, фенол, пари вуглеводнів.

Забруднення води:

Вміст заліза і величина ХПК значно перевищують значення ГДК: вони становлять 4-166 ГДК та 1,5-40 ГДК відповідно, причому вміст розчиненого кисню становить 1-3 ГДК, а біохімічне споживання кисню — 1,5-2 ГДК. Індекс бактеріальної групи кишкових паличок в 1 мл — 18-3800, число сапрофітних бактерій — 22-42600, коліфаги — 1400-61400 БОЕ/дм³. Практично всі проби містять фекальні забруднення.

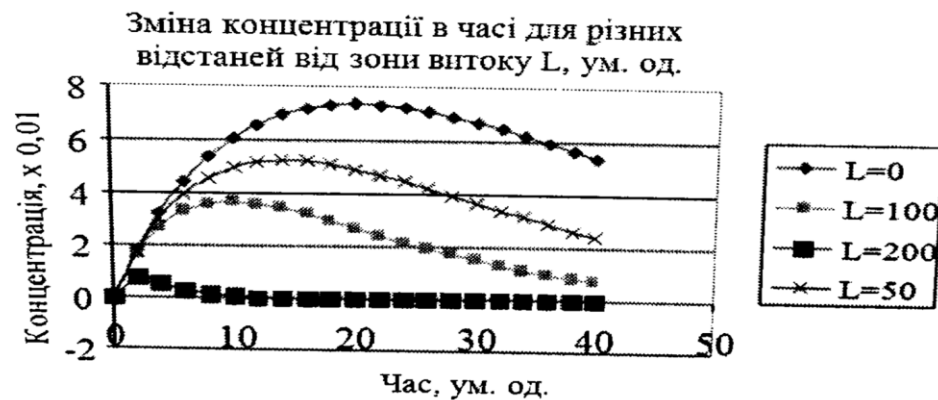
Забруднення ґрунту

Санітарно-гельмінтологічні дослідження показали інтенсивне концентрування яєць геогельмінтів в ґрунті в радіусі 100 м від границі полігону ТПВ: до 40 екз/кг для власоглава та до 80-120 екз/кг для аскариди.

По мірі віддалення від границі полігону кількість яєць аскариди знижується до 20-40 екз/кг, а власоглава (збудники трихоцефалеза) не були виявлені. Життєздатних форм збудників глистих інвазій в ґрунті 15-40%.

						ОЗ-52.2403.68.19			
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масшт.
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат					
Розроб.		Григор'єв К.О.		06.19					
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19					
Т. контр.									
Н. контр.							Аркуш 11	Аркуші 13	
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19			НТУУ «КПІ ім. І Сікорського», ІЕЕ		

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕННЯ В ҐРУНТ



ЗМІНА КОНЦЕНТРАЦІЇ В ЧАСІ ДЛЯ РІЗНИХ
ВІДСТАНЕЙ ВІД ЗОНИ ВИКИДУ

					03-52.2403.68.19		
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.	ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б		
Розроб.		Педани К.О.		06.19			
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19			
Т. контр.							
Н. контр.					Літера		
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19			
					Маса		
					Масшт.		
					Аркуш 12		
					Аркуші 13		
					НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІЕЕ		

Figure 1 consists of three photographs and a detailed cross-sectional diagram of the 8m³ bio-fermentation gas production tank.

- Top Left Photo:** Shows the tank being lowered into a trench by a crane. Several workers are visible around the tank.
- Top Middle Photo:** Shows the tank being lifted by a crane, highlighting its large, dome-shaped structure.
- Top Right Photo:** Shows the finished white tank installed in its trench. Text overlay reads: "8m³玻璃钢沼气池 $\Phi 2.32\text{m} \times 2.4\text{m}$ 联系电话: 13808013653".
- Bottom Diagram:** A cross-sectional view of the tank showing its internal structure. It includes a central vertical gas outlet pipe, multiple horizontal feed pipes with valves, a series of vertical gas distribution pipes, and a bottom layer of bio-film. Labels indicate the flow of wastewater, gas, and the return of sludge and water. The diagram also shows the tank's dimensions and the total length of the feed pipes.

						ОЗ-52.2403.68.19					
						ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б					
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат							
Розроб.		Людси К.О.		06.19							
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19							
Т. контрп.											
Н. контрп.											
Zatverzh.		Гричук К.Б.		06.19							
						Літера Маса Масшт.					
						Аркушів 13 Аркушів 14					
						НТУУ «КПІ ім. І. Скорського», ДТЕ					

ВИСНОВКИ

- Процес газоутворення на полігоні ТПВ вимагає дотримання умов життєдіяльності метаноутворюючих бактерій.
- Процес підготовки біогазу до спалення включає в себе декілька етапів (очищення від суспендованих частинок, видалення сірководню, відділення вологи, зменшення кількості діоксину вуглецю).
- За результатами розрахунків об'єм біогазу, який можна зібрати з полігону, становить 1155000 м³ біогазу. Вартість такого біогазу становить 224\$/м³.
- Найбільш сильний негативний вплив полігон ТПВ здійснює на водне та ґрунтове середовища, вплив на атмосферне повітря і рослинний та тваринний світ не є значним.
- З метою отримання більш дешевого та якісного біогазу запропоновано ферментатор корпорації SHUNMEI INTERNATIONAL. Біогаз, вироблений даною установкою, є більш дорогим, проте якість його значно вища.

						ОЗ-52.2403.68.19		
					ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б	Літера	Маса	Масшт.
Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дат.				
Розроб.		Педані К.О.		06.19				
Перевір.		Жукова Н.І.		06.19				
Т. контр.						Аркуш 14	Аркуші 14	
Н. контр.					НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» ІЕЕ			
Затверд.		Ткачук К.К.		06.19				